

# مقدمة في علم الفلك

تأليف

عبد الحميد محمد بن محمد بن عبد الله

وكيل مصر خيلوان



جميع الحقوق محفوظة للمؤلف

١٩٤٩

الطبعة الأولى

---

مطبعة دار الشرق

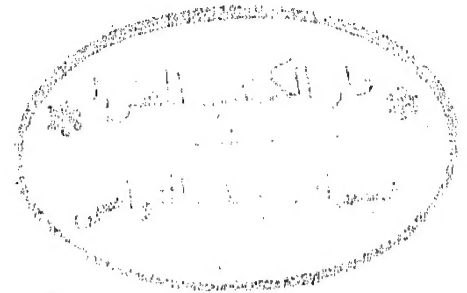
١٢٤ شارع الخليج العربي، القاهرة

# مقدمة في علم الفلك

تأليف

عبد الحميد محمد بن عبد السلام

وكيل مصر ضد خلوان



جميع الحقوق محفوظة للمؤلف

١٩٤٩

الطبعة الأولى

مطبعة دار الشرق

٣٢٥ شارع الخليلي، القاهرة

إهداء

إلى

بخالي المرحوم الأستاذ محمد السيد كير

إلى ذكراك التي يعمر بها قلبي أهدى هذا الكتاب

وفاء بفضلك على فلقد كنت لي نعم الخال ونعم الصديق

طيب الله ثراكَ وجعل سجنه مثواكَ

المؤلف

## تقديم

للمنيرة صاحب الغزوة الدكتور محمد رضا مدور بك مدير المرصد الملكي

يسرني أن أتباح إلى هذه الفرصة لتقديم هذا المؤلف الجديد للاستاذ سماحه و ليل المرصد . والمؤلف لا شك معروف لقراءة من مؤلفاته السابقة كما هو معروف لي بقدرته على صوغ العبارة العلمية في قالب عربي سهل العبارة واضح المعنى .

وأتمنى أن أنوه هنا بأهمية الدراسات الفلكية وعلى الأخص من الناحية الطبيعية التي تقدمت تقدماً كبيراً في الأعوام الأخيرة . فلم تعد الأجرام السماوية مجرد لآلىء انتشرت على سطح القبة السماوية تسر الناظرين بل معملاً مثالياً للدراسات الطبيعية ، حيث نجد - من المادة في حالات طبيعية لا يمكن تهيتها في معاملنا مهما بذلنا من مال وجهد . نجد بعض الأجرام السماوية حيث تبلغ كثافتها بضعة آلاف كثافة الماء ، وبعضها الآخر تقل كثافته مادته عن كثافة الهواء . كما أن كيفية أشعاع هذه الأجرام هو الذي أوحى إلينا بما تحتويه الذرة من الطاقة ومن ثم تسابق العلماء لاستنباطها .

إننا نعمل جاهدين بتوجيه من جلالة الملك حفظه الله ذخراً للسكينة وراعياً للعلوم ، على النهوض بالدراسات الفلكية في مصر التي حباها الله بنحو مثالي لهذا الغرض . ولا شك أن اتساع الوراثة العلمية في هذه الدراسات له أهميته ، لهذا أرجو أن يكون لهذا الكتاب القيم أثره في تحقيق هذا الغرض .

دكتور محمد رضا مدور



# مقدمة

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

ثقافتنا العلمية :

من مقال لسعادة الدكتور مشرفه باشا أنه قد أصبح لزاما على من  
بيدهم الأمر أن يعملوا جاهدين على نشر الثقافة العلمية ، وأن يشيعوها بكافة  
الوسائل كما يتاح للجمهور المتعلم الاطلاع على نتائج التقدم العلمى وآثاره  
الهندسية والتطبيقية العديدة . فقد أصبحنا نعيش فى عصر اتسعت فيه دائرة  
العلم حتى صار وثيق الاتصال بحياتنا . وها نحن نرى آثاره تحيط بنا من كل  
جانب ، نراها فى أنفسنا وفى الآفاق . فالعنصر العلمى عنصر متغلب على  
مدنيتنا الحديثة عمن لها .

ويقترح سعادته لتحقيق هذا الغرض إقامة المتاحف العلمية أسوة بما  
اتبع فى إنجلترا وغيرها من الدول الأوروبية وأشاعة الثقافة العلمية عن طريق  
الصحف والمؤلفات .

وقديما قال أحد الشعراء :

وما من أمة بلغت مناهها      بغير العلم والسيف اليماني

لقد حققت الأحداث صدق ألهام هذا الشاعر . حتى السيف اليماني

نفسه أصبح من إنتاج العلم وحده ، فليت شعري ماذا كان يقول هذا الشاعر لو أنه سمع بالطائرات والرادار والقنابل الصاروخية والغازات السامة والطاقة الذرية وغيرها وكلمها من ثمرات البحث العلمي ؟ .

والمشتغلون بالعلم يعلمون أنه أشبه شيء بالكائن الحي قوامه التسانده والتآزر والتعاون ، فروعها العديدة ليست سوى حلقات السلسلة الواحدة فقد عرفنا مثلاً من رصد أقمار المشتري أن الضوء له سرعة محدودة ، واكتشف الهليوم في طيف الشمس عند رصد كسوفها الكلي قبل أن يعرف في الأرض ، وساهمت البحوث الرياضية والنظرية مساهمة فعالة في إعطائنا صورة عن التكوين الذري والطاقة الذرية قبل إدراكها في معامل الطبيعة . ويقوم المنقبون عن البترول بأجراء بحوث علمية متنوعة قبل القيام بأعمال الحفر ولولا ذلك لزادت تكاليف استخراجها عن القدرة الشرائية للنسبة الغالبة من الناس والأسئلة من هذا النوع عديدة .

وتقدم البحوث العلمية تقتضي في كثير من الأحيان تضافر الاختصاصيين في فروعها المختلفة ، أدرك ذلك الحلفاء في الحرب الأخيرة فعياًوا للبحوث الذرية اختصاصيين عديدين كان من بينهم الرياضيون والطبيعيون والكيميائيون والفلاسكيون كل يدفع فيها من زاويته .

وكثيراً ما يفيد الاختصاصي من أحاطته العامة بما في الفروع الأخرى من العام ، حتى الأديب لم يعد في مقدوره أن يقتصر في غذائه على ما في الآداب والفنون بل لا بد له من تذوق ثمار البحث العلمي كي لا يعجز عن مساهمة التفكير الحديث ، ومن ناحية أخرى فأشاعة الثقافة العلمية العامة من أهم عوامل التثبيت والاستقرار لنهضتنا الحديثة ، فبواسطتها يتكون الوراثة

العلمي الضروري لنبت الفكرة العلمية كتهيئة التربة في الأرض الطيبة قبل  
بذر البذور .

غير أن أشاعة الثقافة العلمية بين الجمهور المتعلم على أوسع نطاق وفي  
أقصر وقت لا يمكن أن يتم إلا لو نشرت هذه الناموس بلغة البلاد لسكثرة  
ما يوجد في كل فرع العلم من مصطلحات غير مألوقة لا يعرف مدلولاتها  
إلا الاختصاصي وعلماءنا جميعا يدركون هذه الحقيقة بلا ريب ، ويدركون  
أيضا واجبههم القومي بل والعلمي في هذا الشأن . غير أن الكثير منهم  
ما يزال يشعر أن العلم لا يزال غريبا حتى في بيئاتهم المهنية ، فقد تعلموه  
بلغات أجنبية ، وما زال يدرس في معاهدنا بلغات أجنبية ، والمصطلحات  
العلمية التي تريد باضطراب يصعب أن يجدوا للكثير منها مرادفات عربية  
سلسة ، ومن ثم تعذر على الكثير منهم المساهمة الجدية في سبيل تحقيق هذه  
العناية ، وظل الوراثة العلمية بين جمهورنا المتعلم محدودا .

وقد نسي البعض على اللغة العربية عقمها في هذا الشأن وقالوا أنه ما دام  
العلم لا وطن له فنتكّن مساهمتنا في النهضة العلمية العالمية بأية لغة عالمية ،  
ولست أقصد هنا اللغة التي تكتب بها البحوث وإنما أقصد الثقافة العامة التي  
أصبحت عنصراً هاماً وحيوا الحضارتنا الحديثة . ومع ذلك فهل نسي هؤلاء  
أن اللغة العربية كانت لغة العلم ردحا طويلا من الزمن ، وأن الحضارة مدينة  
لها بحفظ التراث العلمي ، وأن الأوروبيين ترجموا عنها في فجر نهضتهم .  
ورحم الله شاعرنا حافظ بك إبراهيم حين هجر عنها بقوله :

وسعت كتاب الله لفظا وغاية وما ضقت عن آي به وعظمت  
فكيف أحصى اليوم عن وصف آله وتنسيق أسماء المخترعات

أنا البحر في أحشائه الدر كامن فهل سألوا الغواص عن صفائى

صحيح أنه قد يصعب كثيرا أن نجد مرادفات عربية فصحي لبعض المصطلحات ولكن لماذا لا نمضى قدما ونستعرب من المصطلحات ما لا نجد له مرادفا عربيا أصيلا . أريدوننا أن نكون عربا أكثر من العرب ؟ لقد استعرب العرب أنفسهم الكثير من الألفاظ الأجنبية عندما نقلوا علوم اليونانيين وغيرهم في فجر نهضتهم أما عن غواية المرادفات العربية للمصطلحات العلمية فسوف تزول حتما بالممارسة والتعود .

أن إشاعة الثقافة العلمية العامة يكتّون الوراثة العلمى، وكل منهما يتجاوب مع الآخر ويستجيب له ويؤثر فيه ويتأثر به ويمهد السبيل لأن تصبح اللغة لغة العلوم العربية العصرية . أننا نعيش في عصر يسحق الضعيف ويدوس المتعصب ويخفق الهزيل ويتخلى عن المتخلف ، والعلم في عصرنا هذا من عناصر القوة والأمة التي يشيع فيها العلم تستطيع أن تلاحق ربك الحضارة وأن تصمد لأحداث الزمن .

أننا ندين بنهضتنا العلمية الحديثة إلى مؤسس مصر الحديثة سالك الجنان المغفور له محمد على باشا الذى أدرك بشاغب بصيرته أنها عنصر أساسى فى بناء هذه النهضة واستقرارها ، ولكنها تأثرت دائما بالأحداث السياسية التى مرت بالبلاد منذ ذلك الحين حتى ليصح القول أننا لا نزال من هذه الوجهة فى طور النشأة الأولى وأن أهم ما نحتاج إليه الآن هو سداد التوجيه وبعث القوى وإنارة السبيل .

أما النهضة الأدبية فكانت أقل تأثرا بهذه الأحداث لأنها كانت تجد فى تراثنا الدينى معينها لا ينضب ، وكان الأزهر قوَّاما عليها ، بل لعلمها كانت

تستمد من هذه الأحداث قوة وإلهاما .

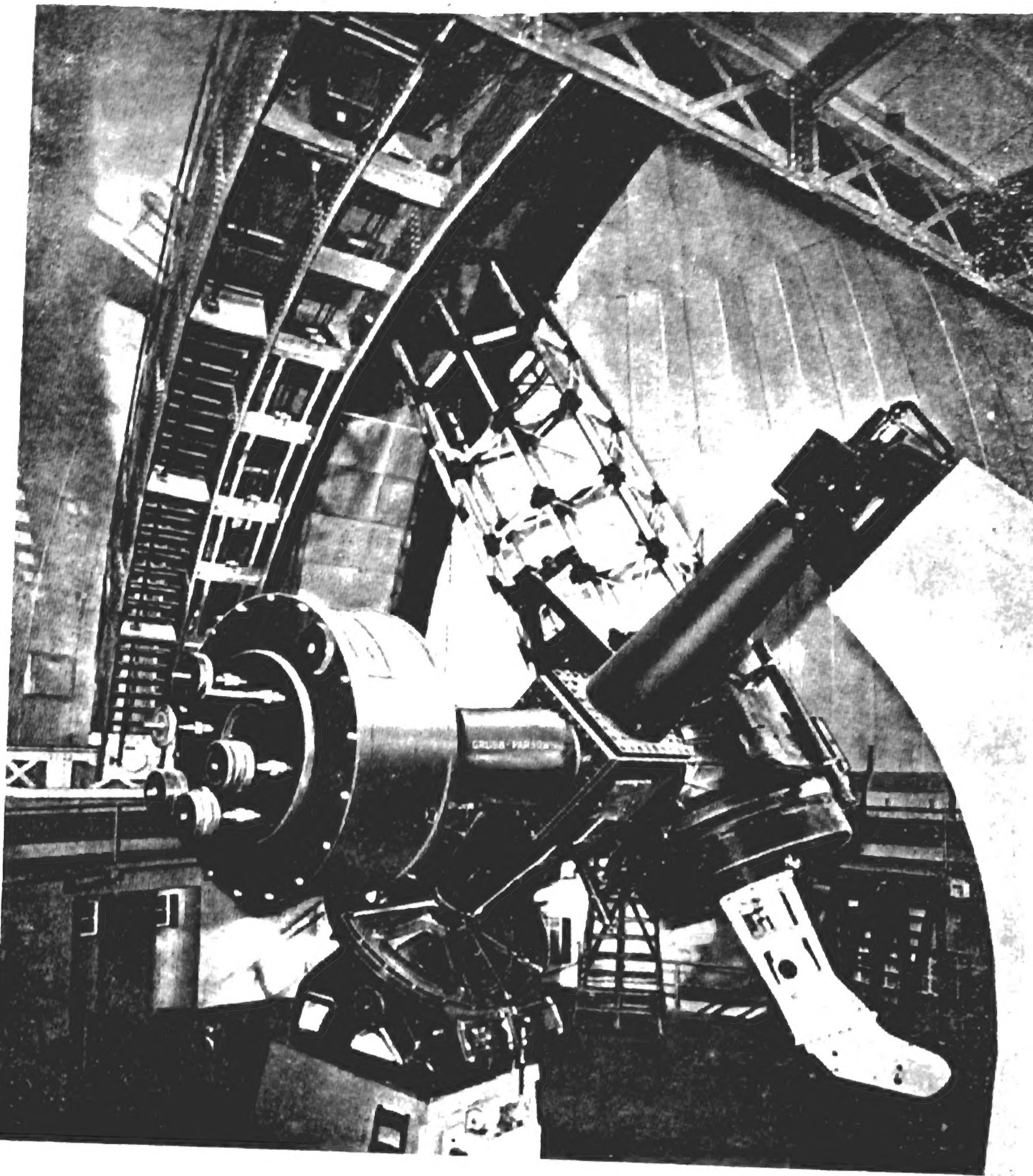
أن نمة بعضا محسوسا لنهضةنا العلمية يرعاه مملكتنا المحبوب فاروق الأول حفظه الله . ويستمع من روحه الفتية وأرادته القوية ما يبشر بالخير ويكفل لهذه النهضة البقاء والاستقرار . ولقد ترسمنا الانجاء الصحيح ومن سار على الدرب وصل .

على ضوء هذه الاعتبارات وضعت كمتاني هذا ، وكنت قد لمست حاجة الطلاب في كلية الشريعة إلى مراجع عربية حديثة في مادة الفلك فجعلته يشمل المقرر لهم وفي مستوى ثقافتهم العلمية التي تعادل مثيلتها لطلاب المدارس الثانوية ، ولذلك تجنبت جهد استطاعتي استخدام المعادلات الرياضية . وقد ضمنته أيضا وفي غير تعمق أبوابا أخرى منها باب خاص بالمرادفات الفلكية التي استطعت جمعها لتكون عوناً لمن يشاء الرجوع إلى مراجع أجنبية وقد توخيت أن يكون سهل العبارة واضح المعنى ليفيد منه من يشاء من غير الطلاب . فجاء مصر مما يغري بالدراسات الفلكية ويشجع الهاوين ، وأجدادنا من المصريين القدماء كانوا أول من عنى برصد الأجرام السماوية ودراسة حركاتها .

ولست أزعم أن فيه مبتكرا من الرأي ، وإنما هو مجهود متواضع نحو توسيع دائرة الثقافة العامة في الفلك بين أبناء الشرق العربي . فمن وجد به قصورا عن بلوغ غايته أو شفاء غلته فليبحث عن مراجع أوفى ، وهذا بعض غايته .

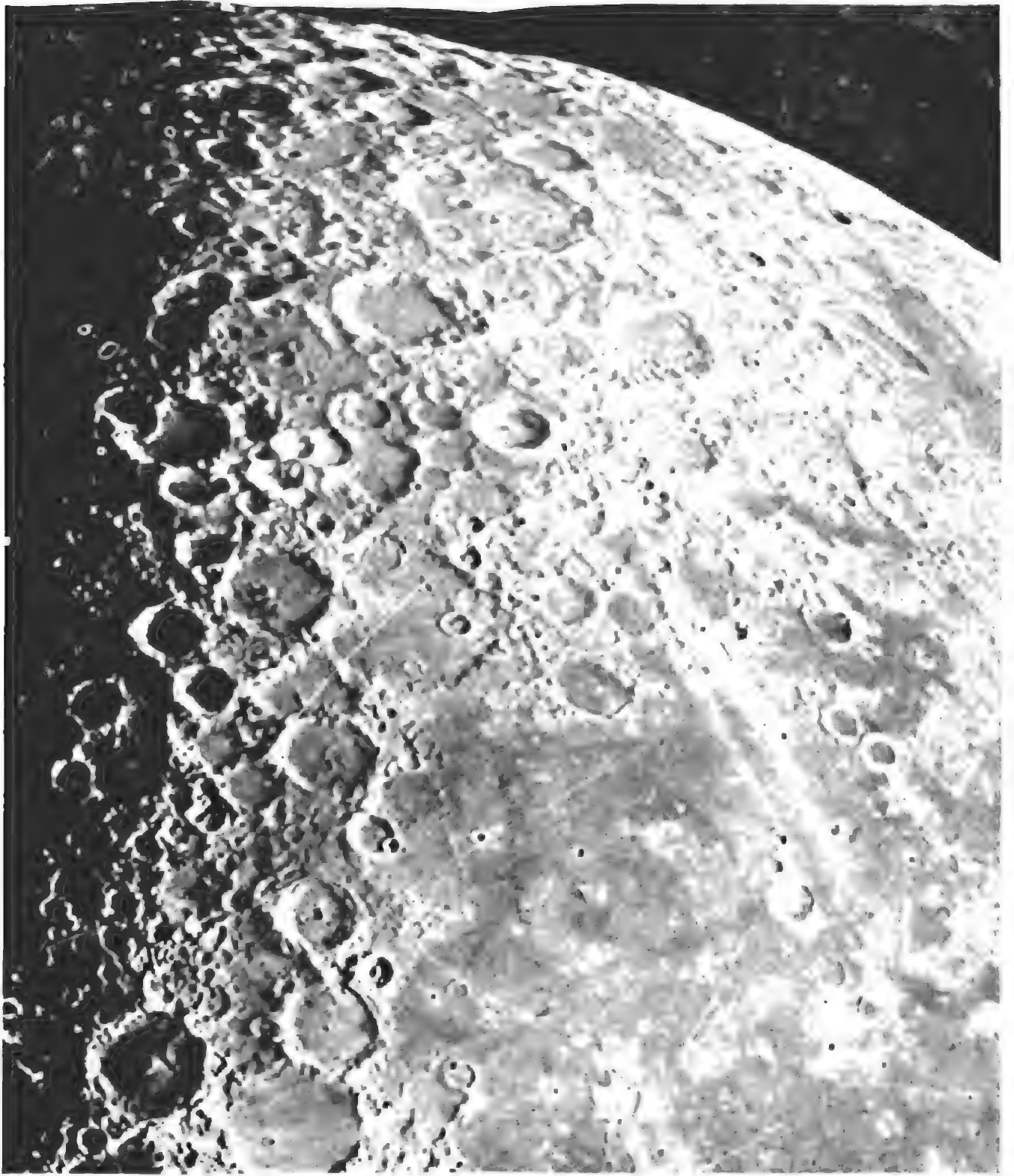
والله ولي التوفيق وهو نعم المولى ونعم النصير .

المؤلف



المنظار العاكس بمرصد تورنتو بكندا ويبلغ قطر مرآته ٧٤ بوصة





جزء من سطح القمر حيث تبدو المرتفعات الدائرية



## الباب الأول

[ اختلاف منظر السماء باختلاف زمان الراصد ومكانه - الكرة السماوية -  
الانجيمات والمستويات الرئيسية - تعيين موقع جرم سماوى بالنسبة للمستويات  
الرئيسية المختلفة - الاجرام السماوية ]

### السماء

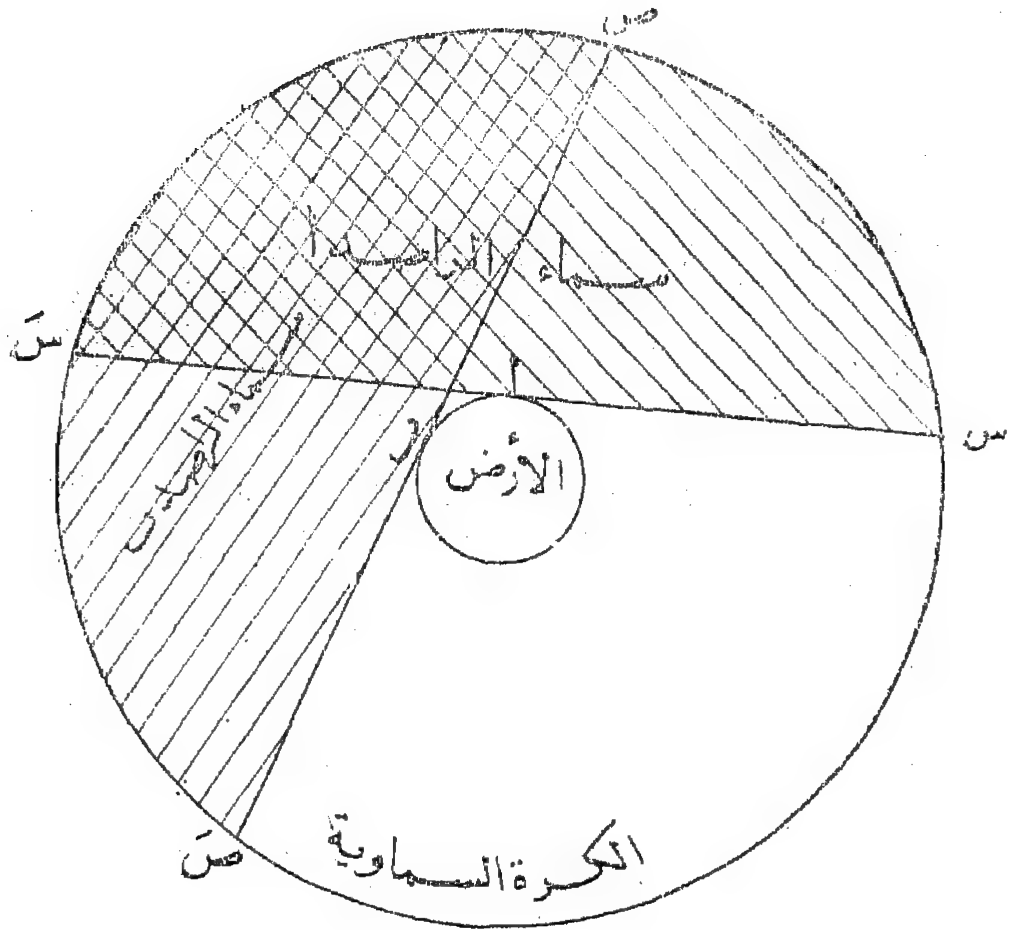
السماء لغة هى كل ما علاك فأظلك ومنه قيل لسقف البيت سماء . ومن  
وجهة النظر الفلاسكية هى الفضاء الأعظم الذى يحيط بالأرض لاحت لبعته  
ولا لأبعاده يحتوى الاجرام السماوية كلها ومن بينها الأرض .

وتبدو السماء لأى راصد على سطح الأرض أشبه شئ بقبة عظيمة أو  
نصف كرة كبيرة يحتل الراصد - أينما وجد - منها المركز وقد انتشرت على سطحها  
العظيم النجوم المتلازمة .

ذلك لأنه أيا كان موقع الأرض فى هذا الفضاء العظيم فلا حد لنهاية  
الكون فى أى اتجاه ولذلك يمكننا افتراض أن الفضاء كرة نصف قطرها  
لانهاية له ومركزها الأرض وأن الاجرام السماوية تقع على سطح هذه الكرة  
التي يسميها الفلاسكيون الكرة السماوية .



ولما كانت الأرض كروية الشكل فإن الراصد لا يرى من سطح الكرة السماوية إلا ما يقع فوق المستوى المماس لسطح الأرض عند موقع الراصد وهو ما يعادل نصف كرة تقريبا، فسماء الراصد الموجودة في نقطة م من سطح الأرض هي نصف الكرة المحدودة بالمستوى س س (شكل ١) والجزء س س من محيط الكرة السماوية وسماها الراصد هي نصف الكرة المحدودة بالمستوى ص ص من الجزء ص س ص من محيط الكرة السماوية .



شكل ١

ويتضح من هذا أن الجزء من الفضاء السماوى الذى يراه الراصد وما فيه من أجرام يختلف باختلاف مكان الراصد من سطح الأرض.

ولما كانت الأرض تدور من الغرب إلى الشرق فإن الكرة السماوية وما عليها من الأجرام تبدو لنا كأنها تدور فوق رؤوسنا من الشرق إلى الغرب دورة كاملة فى كل يوم كما تبدو الأشجار وأعمدة التلغراف للمسافر فى القطار متحركة فى الاتجاه المضاد لاتجاه سير القطار وب نفس السرعة ولذلك يتغير منظر سماء أى راصد على سطح الأرض مع الزمن أيضا فتشرق نجوم من تحت الأفق ناحية الشرق باستمرار ويغرب غيرها تحت الأفق أيضا باستمرار.

وإذا تذكرنا أن الأرض تدور حول الشمس مرة فى السنة نجد أن موقعنا فى الفضاء السماوى دائب التغير وتبدو لنا الشمس أيضا كأنها متحركة وسط النجوم وبما أننا لا نستطيع أن نرى النجوم التى توجد فوق الأفق نهارا لأن ضوء الشمس الشديد يحول دون ذلك وبسبب تحرك الشمس وسط النجوم بمعدل ٣٠° فى كل شهر فأن ما نراه ليلا من النجوم يتغير بين آن وآخر على مرور الأيام أثناء السنة أيضا. والخلاصة أن منظر السماء لا يتغير بتغير مكان الراصد فحسب، بل وباختلاف زمانه أيضا وهناك أطالس فلكية تبين ما يرى على اديم السماء بالنسبة لأى راصد على مدار الأيام أثناء السنة (١).

---

(١) الأطالس الفلكي خط عرض القاهرة للمؤلف يطلب من مصاحبة المساحة .

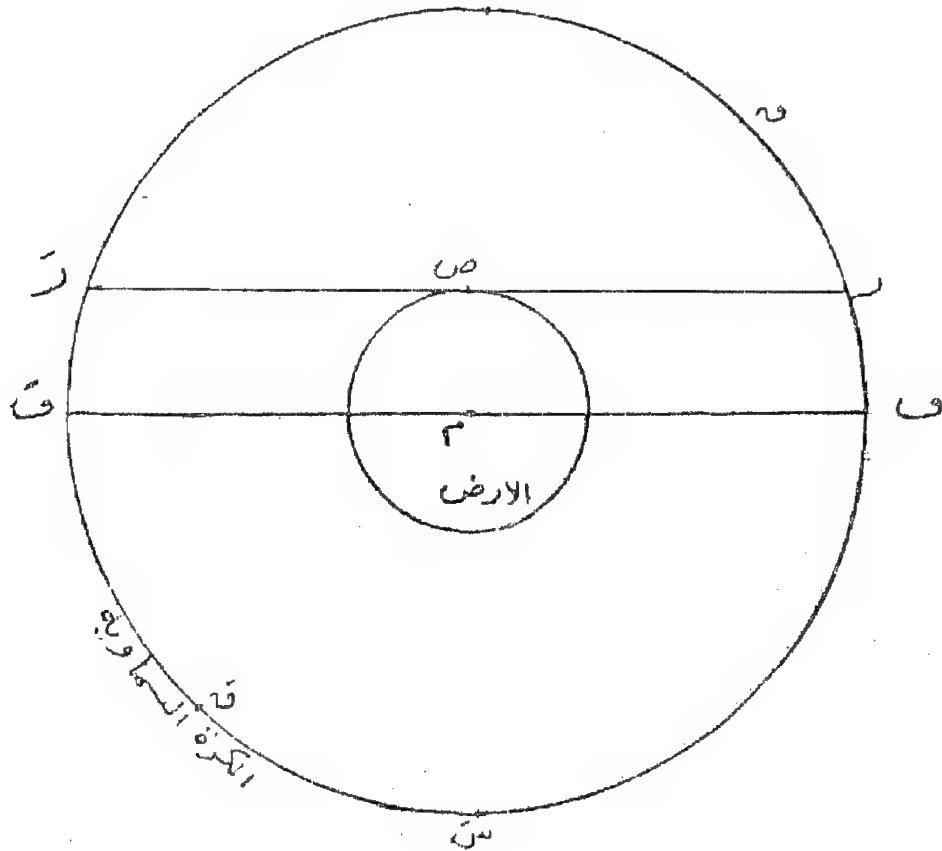
## قياس مواقع النجوم

فيما عدا الحركة الظاهرية اليومية للأجرام السماوية الناشئة عن دوران الأرض حول نفسها لا يكاد راصد السماء يلاحظ تغيرا ما في مواقع النجوم بالنسبة لبعضها البعض فتبدو له الكرة السماوية تتحرك في تودة بديعة من الشرق إلى الغرب وكأن النجوم مثبتة على سطحها البللورى الشكل لذلك أسماها المتقدمون « النجوم الثابتة » .

وقد ثبت لدينا أخيرا أن النجوم ليست ثابتة ولكن حركاتها الذاتية ليست مما يمكن تحقيقه إلا بآلات الرصد الدقيقة أو بمقارنة مواقعها في السماء بين فترات طويلة من الزمن وذلك نظرا لأبعادها السحيقة في أعماق الفضاء ومن المسائل الرئيسية في الفلك معرفة كيفية تعيين مواقع النجوم في السماء وكما أن مواقع البلدان على سطح الأرض تنسب إلى مستويين رئيسيين أحدهما خط الاستواء والآخر دائرة خط الطول المارة بجرينتش كذلك تنسب مواقع النجوم على سطح الكرة السماوية إلى مستويات رئيسية أصطلح الفلكيون عليها نعرفها فيما يلي:

أيا كان موقع الراصد من سطح الأرض فهو مجذوب إلى مركزها ويسمى الفلكيون النقطة من سطح الكرة السماوية التي تقع رأسيا فوق رأسه سمت رأسه ومن الواضح أن هذه النقطة هي تقاطع نصف قطر الأرض المار بالراصد ممتدا في الفضاء مع سطح الكرة السماوية ومن الواضح أيضا أن هذه النقطة تختلف باختلاف مكان الراصد من سطح الأرض ويسمى

الفلكيون النقطة من سطح الكرة الساوية المقابلة لسمت الرأس سمت القدم  
والخط الواصل بين السمتين الخط الرأسى .



( شكل ١ - ١ )

[ ص = الراصد - س = سمت رأسه - س = سمت قدمه س - س = الخط  
 الرأسى - ر = الأفق المرئى ف = الأفق ق = القطب الشمالى - د =  
 القطب الجنوبى ف = الشمال - ف = الجنوب ]

ومن الواضح كذلك أن كلا من الخط الرأسى وسمت القدم يختلفان  
 باختلاف موقع الراصد من سطح الأرض .

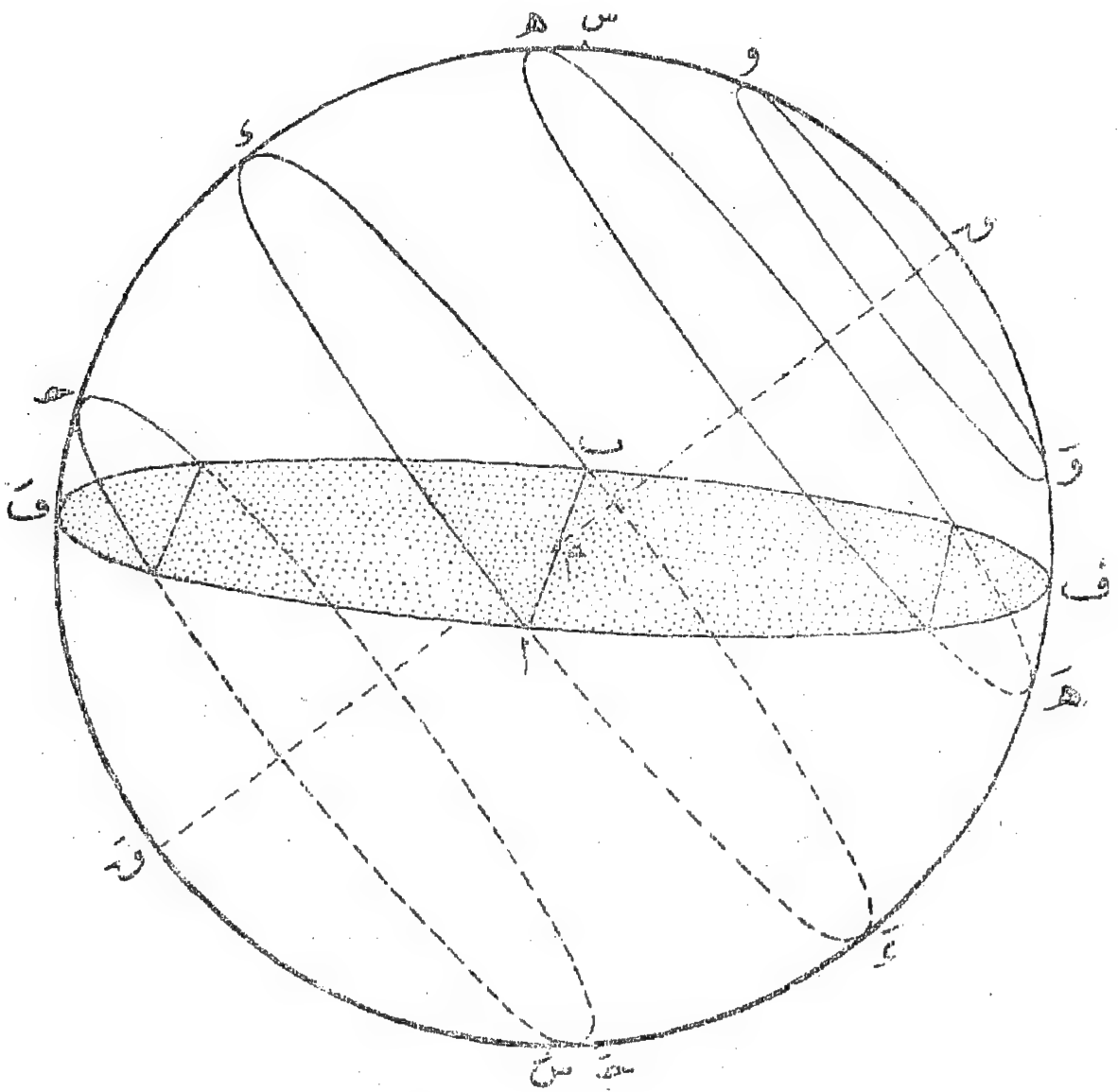
ولو تصورنا إمتداد المستوى المماس لسطح الأرض عند موقع الراصد  
 حتى يقطع الكرة الساوية فإنه يقطعها فى دائرة يسميها الفلكيون الأفق المرئى

لأنها تحدد الجزء من السماء الذي يستطيع أن يراه الراصد ومن الواضح أن هذه الدائرة تقسم الكرة السماوية إلى قسمين غير متساويين أصغرهما هو الذي يراه الراصد شكل ١-١ وذلك لأن هذه الدائرة لا تمر بمركز الكرة السماوية الذي هو مركز الأرض وكلما بعد المستوى الذي يقطع الكرة عن مركزها صغرت الدائرة ولذلك تسمى أمثال هذه «الدوائر الصغرى». أما الدوائر التي تمر بمركز الكرة فانها تقسمها إلى قسمين متساويين تماما وتسمى الدوائر العظمى ولما كان نصف قطر الأرض صغير جدا بالنسبة لنصف قطر الكرة السماوية ففي الكثير من المسائل الفلكية يغفل الأفق المرئي لتبسيطها ويعتبر أفق الراصد الدائرة العظمى الموازية للأفق المرئي ويسمى الأفق.

وتسمى الدوائر العظمى (المستويات) العمودية على الأفق والتي تمر بالسمتين الدوائر الرأسية.

والآن لو تصورنا امتداد محور الأرض في الفضاء حتى يقطع الكرة السماوية فإنه يقطعها في نقطتين تسميان القطبان إحداهما التي تقع فوق الاقطار الشمالية وتسمى القطب الشمالى وهناك قريبا جدا من هذه المنطقة نجم لامع يعرف بالنجم القطبي أو القطبية والنقطة الأخرى تسمى القطب الجنوبي وليس هناك نجم لامع قريب منها. والخط الواصل بين هذين يسمى محور العالم والدائرة العظمى العمودية على محور العالم تسمى دائرة المعدل ومن الواضح أنها امتداد دائرة خط الاستواء في الفضاء حتى تقطع الكرة السماوية ويسمى الفلكيون الدوائر العظمى العمودية على دائرة المعدل والتي تمر بالقطبين بالدوائر الجانبية أو الساعية.

وتسمى الدائرة الجانبية التي تمر بالسمتين مستوى خط الزوال وهي أيضا  
الدائرة الرأسية التي تمر بالقطبين وهي تقسم الكرة السماوية الى قسمين  
متساويين شرقي وغربي حيث تقطع دائرة الأفق في نقطتين إحداهما التي تقع  
تحت القطب الشمالي وهي الشمال الجغرافي والمقابلة لها هي الجنوب الجغرافي



شكل ٢

وكذلك فإن دائرة المعدل تقسم الكرة السماوية إلى قسمين متساويين شمالي وجنوبي

ويمثل شكل ٤ السماء بالنسبة للراصد موضحاً عليها النقط والمستويات الآنف الذكر وكذلك مسارات النجوم في السماء ح ح' ه ه' و الناشئة عن الحركة اليومية للكرة السماوية ويلاحظ أن هذه المسارات تصغر كلما كانت النجوم قريبة من أحد القطبين ولهذا نجد أن القطبية التي تبعد عن القطب الشمالى بحوالى درجة واحدة تبدو للعين المجردة كأنها ثابتة لا تتحرك.

ويلاحظ أيضاً أن النجوم التي لا يزيد بعدها القطبي عن خط عرض الراصد لا تغيب أبداً تحت الأفق

ولو أننا رصدنا مواقع الشمس في الفضاء بالنسبة للنجوم على مرور الأيام أثناء السنة لوجدنا مسارها الظاهري في الفضاء دائرة عظمى تميل على دائرة المعدل بزواوية ثابتة ويسمى مسار الشمس هذا الدائرة الكسوفية لأن

ظاهري الكسوف تقعان عندما يكون القمر قريباً منها ويبلغ ميلها على دائرة المعدل حوالى  $23\frac{1}{2}$  درجة ويسمى الميل الأعظم

وتتقاطع دائرة المعدل والدائرة الكسوفية في نقطتين تسميان الاعتدالين إحداهما التي تبلغها الشمس عند خروجها من نصف الكرة الجنوبي إلى نصفها الشمالى في ٢١ مارس من كل عام وتسمى نقطة الاعتدال الربيعى والأخرى

التي تكون بها الشمس عند عبورها من نصف الكرة الشمالى إلى نصفها

الجنوبي في ٢٣ سبتمبر من كل عام تسمى نقطة الاعتدال الخريفي

ولو رسمنا في مستوى الدائرة الكسوفية خطأ عموديا على خط الاعتدالين  
فانه يقطع الدائرة الكسوفية في نقطتين تسميان المنقلابان أحدهما المنقلاب الصيفي

وتبلغها الشمس في ٢١ يونية من كل عام والأخرى المنقلاب الشتوي وتبلغها

الشمس في ٢٢ ديسمبر من كل عام وتبلغ في الأولى أقصى ارتفاعاتها فوق  
الأقطار الشمالية وفي الثانية أدنى ارتفاعاتها فوق هذه الأقطار .

### تعيين مواقع الأجرام السماوية في السماء

يعين موقع بلد ما على سطح الأرض بالنسبة لمستوى خط الاستواء  
ودائرة خط الطول المارة بجرينتش بواسطة إحداثيين أحدهما يسمى خط  
طول البلد وهو عبارة عن الزاوية المحصورة بين دائرة خط الطول المارة  
بها ودائرة خط الطول الرئيسية وهي المارة ببلدة جرينتش والآخر خط  
عرض البلد وهو عبارة عن القوس من دائرة خط الطول المارة بالبلد المحصور  
بين خط الاستواء والبلد .

وبطريقة مماثلة لهذه تعين مواقع الأجرام السماوية على سطح الكرة  
السماوية وتنسب أما إلى (١) مستوي الأفق وخط الزوال (٢) مستوي دائرة  
المعدل وخط الزوال (٣) مستوي دائرة المعدل والدائرة الجانبية التي تمر بنقطة  
الاعتدال الربيعي .





(١) تعيين موقع جرم سماوى بالنسبة لمستوى الأفق وخط الزوال

---

لوفرضنا أن  $\nu$  نجم ما  $\gamma$  ف  $\gamma$  دائرة الأفق  $\gamma$  سميت رأس الراصد  $\gamma$  سميت قدمه  $\gamma$  القطب الشمالى  $\gamma$  القطب الجنوبى والدائرة  $\gamma$  سميت  $\gamma$  مستوى خط زواله ورسمنا الدائرة الرأسية  $\gamma$   $\gamma$  التى تمر بهذا النجم (شكل ٣) فان موقع هذا النجم يعين بأحداثيين أحدهما ويسمى الزاوية السمتية للنجم  $\gamma$  وهى عبارة عن الزاوية  $\gamma$   $\gamma$  التى رأسها سميت الرأس المحصورة بين خط الزوال والدائرة الرأسية المارة بالنجم ومع قليل من التأمل نستطيع أن نرى أن هذه الزاوية تساوى القوس من دائرة الأفق  $\gamma$  المحصور بين نقطة الشمال  $\gamma$  ونقطة تقاطع الدائرة الرأسية المارة بالنجم مع دائرة الأفق المرموز لها بالحرف  $\gamma$

أما الأحداثى الآخر فهو القوس من الدائرة الرأسية المارة بالنجم المحصور بين النجم ودائرة الأفق وهو القوس  $\gamma$  (شكل ٣) ويسمى ارتفاع النجم وقد يتخذ متمم هذا القوس بديلا وهو القوس  $\gamma$  من الدائرة الرأسية المارة بالنجم المحصور بين سميت الرأس والنجم ويسمى البعد السمتى للنجم

---

ومن الواضح أننا لا نستطيع قياس هذه الأقواس على سطح الكرة السماوية غير أن الزاوية السمتية للنجم  $\gamma$  وهى القوس  $\gamma$  من دائرة الأفق هى الزاوية التى رأسها عين الراصد فى  $\gamma$  (مركز الكرة) وطرفاها الاتجاهين نحو نقطة الشمال  $\gamma$  ونقطة تقاطع الدائرة الرأسية مع دائرة الأفق  $\gamma$

وكذلك ارتفاع النجم هو الزاوية التي رأسها عين الراصد في م وطرفاها الاتجاهين نحو النجم  $\mu$  ونقطة  $\lambda$  والبعد السمتي هو الزاوية التي رأسها عين الراصد وطرفاها الاتجاهين نحو سمت الرأس  $\sigma$  والنجم  $\mu$  وجميعها لما يمكن تعيينه عملياً بقياسها بالأجهزة الفلكية كالعضادة (التودوليت)

(٢) تعيين موقع جرم سماوى بالنسبة لمستوي دائرة المعدل وخط الزوال

يعين موقع نجم مثل  $\mu$  بالنسبة لمستوي دائرة المعدل  $\lambda$  (شكل ٣) وخط الزوال  $\sigma$  و  $\mu$   $\lambda$   $\sigma$  باحداثين أحدهما الزاوية المحصورة بين مستوي خط الزوال (ابتداء من نقطة الجنوب و نحو الغرب) والدائرة الجانبية  $\mu$   $\lambda$  المارة بالنجم وتسمى الزاوية الساعية للنجم وتقاس أيضا بقوس من دائرة المعدل ابتداء من نقطة الجنوب و نحو الغرب حتى تقاطع الدائرة الجانبية المارة بالنجم مع دائرة المعدل (نقطة  $\lambda$ ) وهي كما ترى في هذا الشكل عبارة عن القوس  $\lambda$   $\mu$  أو بالزاوية (المنفرجة هنا) المحصورة بين الاتجاهين نحو  $\lambda$  ونحو  $\mu$  ورأسها عين الراصد  $\sigma$  التي هي مركز الكرة.

أما الاحداثي الآخر فيسمى ميل النجم وهو عبارة عن القوس من الدائرة الجانبية المارة بالنجم  $\mu$   $\lambda$  المحصور بين النجم  $\mu$  ونقطة تقاطع هذه الدائرة مع دائرة المعدل  $\lambda$  أى القوس  $\mu$   $\lambda$  ويساوى أيضا الزاوية التي رأسها عين الراصد موطرفاها النجم  $\mu$  والنقطة  $\lambda$ .

ويستخدم هذان الاحداثيان في تعيين مواقع الأجرام السماوية بواسطة المناظير الكبرى في المراصد

ومتعمم ميل النجم يسمى البعد القطبي للنجم وهو عبارة عن القوس  $\phi$  من الدائرة الجانبية المحصور بين القطب والنجم.

ويقال أن ميل النجم شمالي أو يرمز له بعلامة الموجب إذا كان النجم يقع في نصف الكرة الشمالي وجنوبي أو يرمز له بعلامة السالب إذا كان النجم يقع في نصف الكرة الجنوبي.

(٢) تعيين موقع جرم سماوي بالنسبة لمستوي دائرة المعدل والدائرة

الجانبية المارة بنقطة الاعتدال الربيعي .

لو تأملنا قليلا لوجدنا أن كلا من الزاوية السميتية وارتفاع النجم ( أو متعممه وهو البعد السميتي ) والزاوية الساعية تتغير بتغير مكان الراصد أو زمانه فقد بينا أن أفق الراصد يختلف باختلاف مكانه من سطح الأرض ومن ثم فالزاوية السميتية لأي نجم وارتفاعه أو بعده السميتي تختلف باختلاف مكان الراصد ولما كانت الكرة السماوية تدور فوق رؤوسنا من الشرق إلى الغرب فإن هذين الأحداثين دائبا التغير، فتبدو النجوم على الأفق شرقا ثم يزيد ارتفاعها تدريجيا ويتغير اتجاهها نحو الجنوب حتى تعبر خط الزوال جنوبا ثم تنحدر نحو الغرب فتسكون الزاوية الساعية صفر عندما يكون النجم على خط الزوال جنوبا وتزيد تدريجيا حتى تصير  $180^\circ$  عندما يكون النجم على خط الزوال شمالا ثم  $360^\circ$  أو صفر عندما يتم النجم دورة كاملة ويكون مرة ثانية على خط الزوال جنوبا وتم الكرة السماوية دورتها في ٢٤ ساعة وعلى ذلك فكل نجم يقطع من مساره اليومي ( أنظر شكل ٢ ) ١٥ درجة في كل ساعة

والدرجة تساوى ٦٠ دقيقة قوسية. وعلى ذلك فهو يقطع من مساره ١٥ دقيقة قوسية فى كل دقيقة زمنية أو ١٥ ثانية قوسية فى كل ثانية زمنية .

أما ميل النجم فيبقى ثابتا لا يتغير بتغير مكان الراصد أو بسبب دوران الكرة السماوية .

ولحاجة الفلكيين إلى معرفة مواقع النجوم بإحداثيات ثابتة لا تتغير بتغير مكان الراصد أو زمانه اتخذوا الدائرة الجانبية المارة بنقطة الاعتدال الربيعى دائرة رئيسية كدائرة خط الزوال تنسب اليها وإلى دائرة المعدل مواقع النجوم . ومن الواضح أن هذه الدائرة تتحرك فوق رؤوسنا بنفس السرعة التى تتحرك بها الدوائر الجانبية الأخرى وهى سرعة تحرك الكرة السماوية ولذلك فإن البعد بينها وبين أى دائرة جانبية أخرى يظل ثابتا لا يتغير رغم هذه الحركة .

وتسمى الزاوية التى بين الدائرة الجانبية المارة بنجم ما مثل  $\mu$  والدائرة الجانبية المارة بنقطة الاعتدال الربيعى ع ( شكل ٣ ) المطالع المستقيم للنجم  $\mu$  وتقاس هذه الزاوية بالقوس ع ل من دائرة المعدل ابتداء من نقطة الاعتدال الربيعى نحو الشرق وتساوى أيضا الزاوية التى طرفاها النقطتين ع و رأسها عين الراصد فى م مركز الكرة .

وتنشر المطالع المستقيمة وميل النجوم فى جداول فلكية وتقدر المطالع المستقيمة وكذا الزوايا الساعية عادة بالساعات والدقائق والثوانى الزمنية حسب العلاقة السالفة الذكر .

## خطوط الطول والعرض السماويين

ان الأحداثيات السالفة الذكر هي الأكثر استعمالاً في الأرصاد الفلكية وتعين بمعرفتها مواقع الأجرام السماوية المختلفة بواسطة المظاهر والأجهزة الفلكية . وتستخدم أحداثيات أخرى في بعض البحوث الفلكية الخاصة منها الطول والعرض السماويين وينسبان إلى الدائرة الكسوفية والدائرة العظمى العمودية عليها التي تمر بنقطة الاعتدال الربيعي .

وتسمى الدوائر العظمى العمودية على الدائرة الكسوفية والمارة بقطبيها السماويين دوائر خطوط الطول السماوية والدائرة الصغرى الموازية للدائرة الكسوفية والتي تصغر كلما اقتربت من أحد قطبيها دوائر خطوط العرض السماوية . وخط طول نجم ما هو الزواية المحصورة بين دائرة خط الطول السماوية المارة به ودائرة خط الطول المارة بنقطة الاعتدال الربيعي .

وخط عرض نجم ما هو القوس من دائرة خط الطول المارة به المحصور بين الدائرة الكسوفية والنجم ويقال له شمالي إذا كان النجم فوق الدائرة الكسوفية وجنوبي إذا كان تحتها .

## الأحداثيات المجرية

سنعرف فيما بعد أن شمسنا ما هي إلا واحدة من مجموعة كبيرة من النجوم تعرف بالنظام المجري وفي بعض البحوث الفلكية . يفضل معرفة

مواقع النجوم بالنسبة لمستوى المجرة في الفضاء السماوي وتعين في هذه الحالة المواقع باحداثيين يسميان بالاحداثيين المجريين للنجوم .  
ولقد دلت الأرصاد والبحوث على ان الاحداثيات الاعتدالية (نسبة الى دائرة المعدل) لقطب المجرة هي :

دقيقة	ساعة	
٤٠	١٢	مطلعه المستقيم
+	٢٨	ميله

ولذلك يمكن بالحساب تحويل الاحداثيات الاعتدالية لآى نجم إلى احداثيات مجرية تسمى الطول والعرض المجريين وقد قام الأستاذ جون أولسون Ohlson بالسويد بعمل جداول للاطوال والعروض المجرية المقابلة لاحداثيات الاعتدالية المختلفة .

والعرض المجري هو عبارة عن القوس من الدائرة العظمى العمودية على مستوى المجرة المارة بقطبيها وبالنجم والمحصور بينه وبين مستوى المجرة والطول المجري هو القوس من دائرة المجرة المحصور بين إحدى نقطتي تقاطعها مع دائرة المعدل وتقاطع الدائرة العمودية على مستوى المجرة المارة بالنجم

### ملاحظات عامة على الاحداثيات المختلفة

أولا — اعتبرنا فيما تقدم أن الأرض نقطة مركزية نظرا لصغر أبعادها بالنسبة لأبعاد النجوم ويجب أن نلاحظ أننا لا نستطيع في الحسابات الدقيقة إغفال أبعاد الأرض في كل ما يختص بالاجرام القريبة منها كالقمر والشمس فالتجاهات مثل هذه الاجرام تختلف باختلاف موقع الراصد من سطح الأرض

ثانياً — أن ارتفاع النجم وزاويته السموية متغيران على الزمن بالنسبة لراصد معين من سطح الأرض وتختلف مقاديرهما لنجم معين في لحظة معينة بالنسبة لراصدين في نقطتين مختلفتين من سطح الأرض .

ثالثاً — ميل النجم ومطالعته المستقيم ثابتان لا يتغيران بتغير مكان الرصد من سطح الأرض أو زمانه .

أما الزاوية الساعية لنجم ما فهي تزيد باضطراب مع الزمن وتختلف لنجم معين باختلاف مكان الراصد من سطح الأرض وتنحد لجميع الأماكن من سطح الأرض الواقعة على خط طول واحد .

وتقاس الزوايا الساعية والمطالع المستقيمة بأقواس من دائرة المعدل ولاسكنهما تختلفان في نقطة المبدأ التي تقاس منه كل منهما والاتجاه الذي تحسب فيه ففي الأولى تقاس ابتداء من خط الزوال جنوباً في اتجاه الغرب وفي الثانية ابتداء من الدائرة الجانبية المارة بنقطة الاعتدال الربيعي إلى ناحية الشرق .

رابعاً — طول وعرض النجوم السماويين والمجريين لا يقاس بطريقة مباشرة بالآلات الفلكية بل يعين بالحساب بعد معرفة ميولها ومطالعها المستقيمة وله أهمية خاصة بالنسبة للقمر والشمس والكواكب السيارة والبحوث الفلكية الحديثة .

## الاجرام السماوية

يمكننا تقسيم الاجرام السماوية إلى ثلاثة أقسام .

( الأول ) — النظام الشمسي ويتكون من الشمس وتوابعها الكواكب السيارة وهي حسب قربها من الشمس عطارد والزهرة والأرض والمريخ



والمشتري وزحل وأورانوس ونبتون وبلوتو وجميعها تدور حول الشمس  
ولبعضها قمر واحد وللبعض الآخر أقمار عديدة .

والمسافات التى بين أعضاء هذه المجموعة كبيرة بالنسبة لأبعاد الأرض  
ولسكنها لا تعد شيئاً مذكوراً بالنسبة إلى أبعاد النجوم ولو حاولنا عمل نموذج  
لهذه المجموعة واخترنا بالنسبة لذلك ميداناً فسيحاً فى القاهرة كميدان إبراهيم باشا  
ومثلنا الشمس بحمصه فى وسطه لوجب أن نمثل الكواكب السيارة بحبات  
صغيرة من الرمل تدور حول الشمس فى مسارات دائرية ولا يتسع ميدان  
فسيح كهذا لأكبر من مدار بلوتو .

ويشمل هذا النظام أيضاً فصائل الشهب والمذنبات غير أن هذه تختلف  
عن الكواكب السيارة فى شكل مداراتها .

والشمس أكبرها كتلة وهى وحدها بين هذه المجموعة التى تشع الضوء  
والحرارة وما عداها يعكس ضوء الشمس فنحن إنما نرى الكواكب السيارة  
بضوء الشمس منعكساً عليها كما نرى الحائط بضوء المصباح أو الشمس  
منعكساً عليها ولو أن الكواكب السيارة أناساً يبصرون لراوا أرضنا  
بضوء الشمس منعكساً عليها .

( الثانى ) — النجوم وهى تبعد عنا وعن النظام الشمسى بأجمعه بمسافات  
شاسعة تفوق بكثير تلك المسافات التى تفصل بيننا وبين أبعد الكواكب  
السيارة والنجوم شمس تشع الضوء والحرارة وبعضها أكبر من الشمس  
ملايين المرات ونحن إنما نراها صغيرة نظراً لأبعادها الشاسعة فى أعماق  
الفضاء .

ويتراوح عدد ما يرى من النجوم بالعين المجردة فى أى وقت بين ألفين

وثلاثة آلاف ولكننا نستطيع أن نرى منها ما يقدر بالملايين بواسطة المنظار  
ويزيد عدد ما يرى منها إضطرادا بازدياد قوة المنظار.

( الثالث ) - السدائم . وهي أجسام سحابية الشكل تبدو صغيرة نظرا  
لأبعادها السحيقة وبعضها معتم ولكنه يعكس ضوء النجوم القريبة منه ومنها  
ما يوجد في النظام النجمي أو بعيدا عنه في الفضاء والسحابة العظيمة من النجوم  
الصغيرة التي ترى كثيرا عبر السماء والمعروفة بالمجرة أو سكة التبانة وهي إحدى  
السدائم العظيمة ويتبعها نظامنا الشمسي .

## الباب الثاني

### النظام الشمسي

[ الكواكب السيارة -- فرض بطليموس -- نظرية كبرنيق -- قوانين  
كبلو-قانون الجاذبية العام -- اكتشاف ارنوس ونبتون وبلوتو -- النجيمات --  
المذنبات - الشهب ]

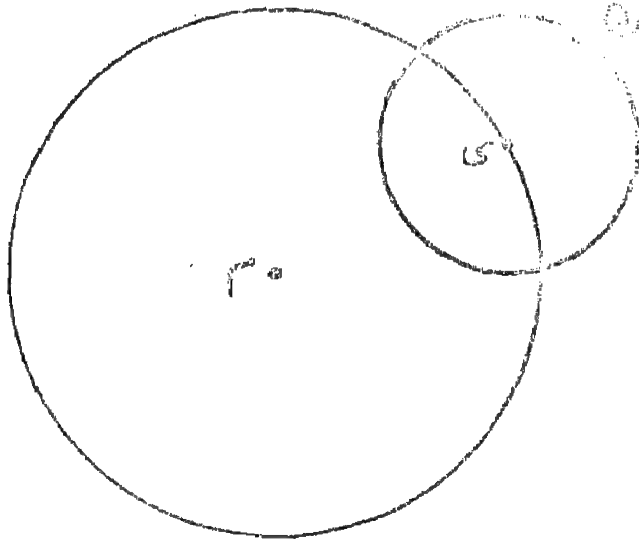
عرف القدماء من الكواكب السيارة خمسة هي عطارد والزهرة والمريخ  
والمشترى وزحل واعتبروا الشمس والقمر من الكواكب السيارة لاتحادهما  
معها في أهم ما تتميز به الكواكب السيارة بين الأجرام السماوية المختلفة  
وهو التحرك وسط النجوم الثابتة (شكل ٥) وهكذا كان مجموع الكواكب السيارة  
عند القدماء سبعة وهو العدد التام في فلسفة فيثاغورس الرياضية ونلاحظ  
اشتقاق اسماء الأسبوع من اسماء الكواكب السيارة فيوم السبت  
في الإنجليزية معناه يوم زحل والاحد يوم الشمس والاثنين يوم القمر .

ولقد حاول علماء اليونان قديما تفسير حركة الكواكب السيارة فافترضوا  
الفروض المختلفة لتعليل تحركاتها وسط النجوم وأهم هذه الفروض جميعا هو  
فرض بطليموس الذي جاء في كتابه ( المجسطى ) عام ١٤٠ ق . م

وأساس هذا الفرض أن الأرض ثابتة وأنها مركز الكون وأن الشمس  
والقمر والكواكب السيارة والنجوم كلها تدور حولها .

وعلى هذا الأساس يفترض بطليموس أن كلا من الكواكب السيارة

يتحرك في مدار دائري حول نقطة مركزية وأن هذه النقطة تدور بانتظام في محيط دائرة أخرى مركزها الأرض (الثابتة ؟)



و (الشكل ٤) يوضح هذا الفرض في أبسط الحالات فنقطة 'ي' تمثل السكوكب السيار الذي يدور في محيط دائرة مركزها 'ي' ونقطة 'م' نفسها تدور في محيط دائرة مركزها الأرض . أما مدة

الدورة في كل من الدائرتين فتختلف بالنسبة لكل من مدار كواكب سيارك بالنسبة للأرض م وفق فرض بطليموس (شكل ٤)

السكوكب السيارة وقد وجد أنه بالنسبة لكل من عطارد والزهرة فأن مدة الدورة للنقطة المركزية 'ي' حول 'م' هي سنة أما بالنسبة المريخ فمقدارها ٦٨٧ يوما والمشتري ١٢ سنة .



مسار كوكب وسط النجوم الثابتة (شكل ٥)

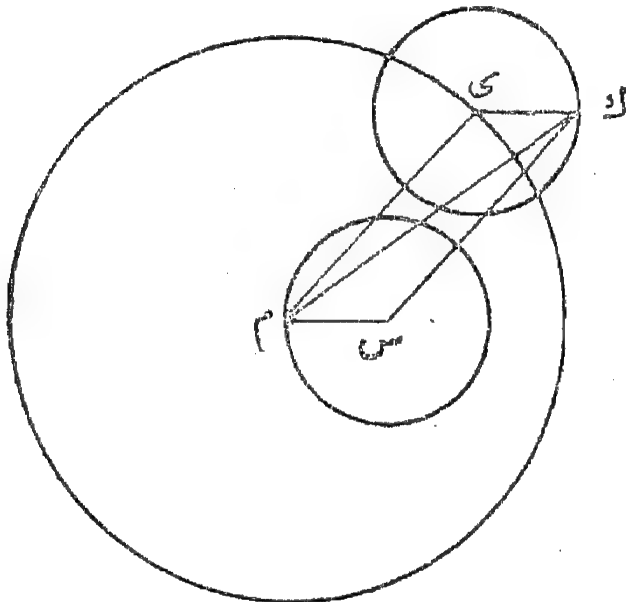
ولو تأملنا هذا الفرض لو وجدنا أنه يفسر حركة الكواكب الظاهرية  
وسط النجوم الممثلة في ( الشكل ٥ )

هذه إحدى النظريات الهامة القديمة لتفسير حركة الكواكب السيارة  
في السماء ولقد عاشت قرون عدة وصمدت للنقد العلمي حتى ثبت  
في النهاية خطأ أساسها فالأرض ليست ثابتة في الفضاء السماوي بل تدور في  
الفضاء حول الشمس كاخواتها الكواكب السيارة الأخرى .

ولقد كان القدماء كلما وجدوا عدم كفاية أمثال هذه الفروض للتنبؤ عن  
مواقع الكواكب السيارة مستقبلا أو لمطابقة مواقعها في السماء مع ما يستنبط  
على أساس هذه الفروض بالحساب أضافوا إليها فروضا أخرى تكميلية

ورغم أن علماء اليونانيين لم يحددوا قط عن أساس هذه الفروض وهو  
أن الأرض ثابتة وأنها مركز الكون كله فقد تنصلوا من اعتبار حركة  
الكواكب السيارة الحقيقية كما لو كانت وفقا لهذه الفروض ولذلك كانوا

يؤمنون أنها بهذه العجالة  
( انشال الظاهرة )

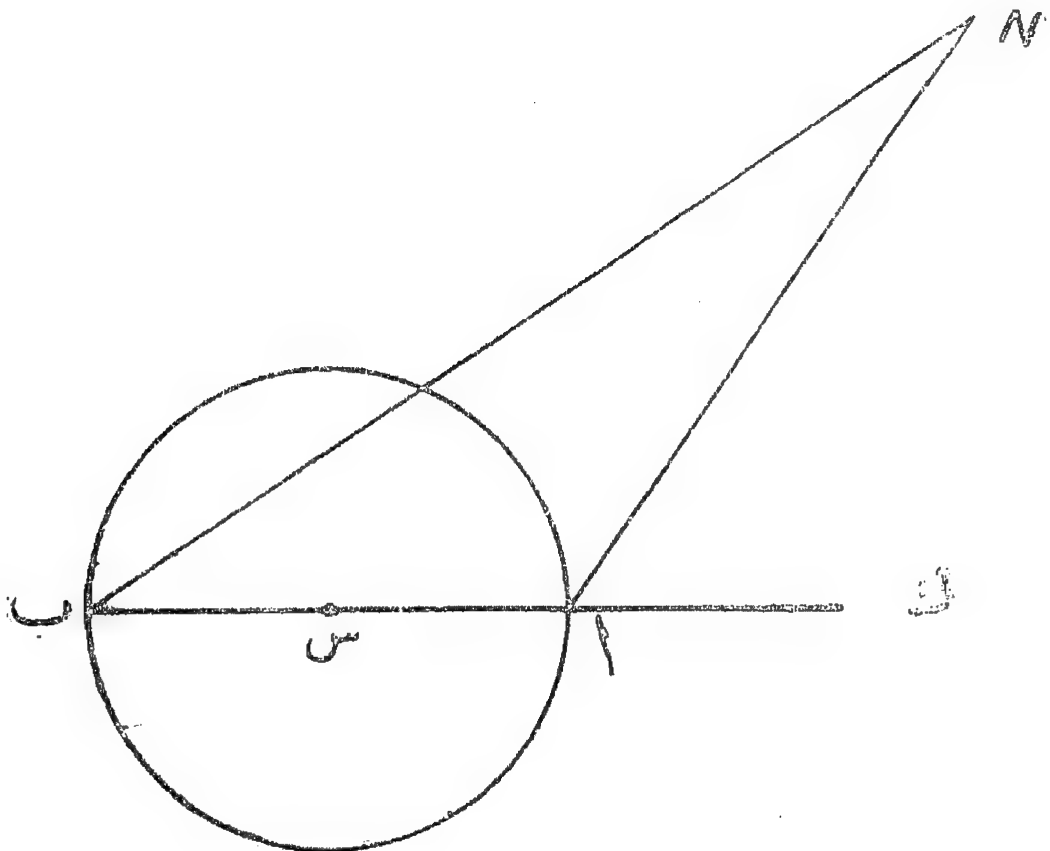


والآن لو أننا تحت ضوء  
الحقيقة الخالدة التي كشفت  
أخيرا وهي أن الشمس  
— لا الأرض — هي مركز  
النظام الشمسي رمزنا لها  
بالحرف س ( شكل ٦ )

واعتبرنا ك يمثل ( شكل ٦ ) تطابق فرض بطليموس ونظرية  
المشتري مثلا بحيث يكون  
كبير نيق عن حركة السيارات

سـ م يوازي ي لـ فإن مدة دورة يـ حول مـ في نظرية بطليموس هي في الحقيقة مدة دورة المشتري حول الشمس حسب النظرية الحديثة وبما أن ي لـ يوازي مـ س فيكون الوقت النجمي لنقطة لـ في الدائرة التي مركزها ي هي سنة دائماً أيا كان الكوكب السيار . غير أن القدماء كانوا يحسبون أوقات الدوران المختلفة ابتداء من الخط مـ ي وهو غير ثابت في الفضاء كما كان يظن ولولا ذلك لتبين لهم أساس خطأ فروضهم ولا كتشفوا أن الأرض غير ثابتة في الفضاء بل تدور حول الشمس .

ولقد خطرت هذه الفكرة لبعضهم مثل فيلالوس في القرن الثاني و. مـ فزعم بدوران الأرض حول نفسها مرة في كل يوم وحول الشمس مرة في



العام . وأن الحركة الأولى ينشأ عنها ظاهرة الليل والنهار والحركة الثانية ينشأ عنها ظاهرة الفصول الفلكية واسكن ارسطو الفيلسوف العظيم آثاره ضد هذا الزعم اعتراضا علميا وجيها وخلاصته أنه لو أن الأرض تدور حقيقة حول الشمس لترتب على ذلك اختلافا ظاهريا في الاتجاهات التي ترى فيها النجوم على مدار السنة

فلو فرضنا الأرض في نقطة  $a$  من مدارها في وقت من الاوقات أثناء السنة فسوف نرى النجم  $h$  في الاتجاه  $a$  ( انظر شكل  $v$  ) وبعد ستة شهور تنتقل بنا الأرض في الفضاء الى النقطة المقابلة  $b$  من مدارها وعند ذلك ترى النجم  $h$  نفسه في الاتجاه الجديد  $h$   $b$  وبالمثل بالنسبة لاي نجم آخر ومن الواضح أن الاتجاه  $a$   $n$  يصنع مع الخط  $a$   $b$  الزاوية  $h$   $a$   $n$  والاتجاه  $b$   $n$  يصنع مع هذا الخط الزاوية  $n$   $b$   $a$  والفرق بين الزاويتين يساوى الزاوية  $a$   $n$   $b$  ومقدارها صغير جدا نظرا لصغر الخط  $a$   $b$  بالنسبة للبعد  $a$   $n$  ويسميه الفلكيون ( الاختلاف الظاهري ) ولم يستطع القدماء تحقيق هذا الاختلاف الصغير باللات رصدهم البدائية ولم يدركوا في الوقت نفسه أن اختلافا يسيرا كهذا ليس من الممكن تحقيقه للأسباب السالفه فرفضوا نظرية دوران الأرض رفضا باتا وظلت فكرة ثبوت الأرض ومركزيتها للسكون ودوران الأجرام السماوية حولها أساس فروضهم المختلفة في تفسير حركة الكواكب السيارة حتى منتصف القرن السادس عشر للميلاد حيث نشر العالم البولندي كوبرنيك كتابا عن حركة السيارات وفيه يفسر حركة الكواكب السيارة على أساس أن الشمس مركز النظام الشمسي كله وأن الكواكب السيارة بما فيها الأرض تدور حولها وأن حركة الكواكب السيارة بين النجوم ( شكل  $h$  ) إذ تتقدم بينها حينئذ تبطل في حركتها ثم تتقدم حينئذ آخر

وهكذا على التوالي ما هي إلا محصلة حركاتها الدورانية البسيطة حول الشمس  
الثابتة كما تبدو للراصد من فوق سطح الأرض المتحركة أيضا حول الشمس  
حركة دورانية بسيطة

إلا أن رجال الكنيسة قاوموا هذا الرأي ونددوا بصاحبه وأوصدت  
الجامعات أبوابها دون هذه النظرية لما كانت لفلسفه أرسطوا وتعاليمه فيها من  
المنزلة التقليدية الرفيعة .

ولما اخترع المنظار واستخدمه العالم الإيطالي ( جاليليو ) في رصد الأجرام  
السموية رأى المشتري ومن حوله أقماره تدور على صورة تماثل الصورة التي رسمها  
كبرنيق للنظام الشمسي ورأى الزهرة بأوجها التي تشبه أوجه القمر أثناء الشهر  
القمرى ولما وجد أن هذا التشكل للزهرة ليس سوى نتيجة حتمية لدوران كل  
من الأرض والزهرة حول الشمس شايح كبرنيق متحمسا وصار يجمع الأدلة  
العلمية على بطلان نظرية ثبوت الأرض وصواب نظرية كبرنيق وينشرها على  
الناس . فقامت في وجهه قيامة الكنيسة واتهمته بالكفر وحاكمته من أجل  
عقيدته هذه وقست عليه كل القسوة فقضت عليه بالسجن بعد أن أرغمته على  
أن يعلن ارتداده علانية عن هذه النظرية ولعنته واحتقاره لها

وفي النهاية انتصر الدليل العلمى والمنطق العلمى على ما سواها من  
الاعتبارات وتدعمت أسس نظرية كبرنيق بدوران الأرض بأرصاد  
جاليليو التاريخية وبشبهات الاختلاف الظاهرى لمواقع النجوم فيما بعد عند  
ما تقدمت وسائل الرصد .

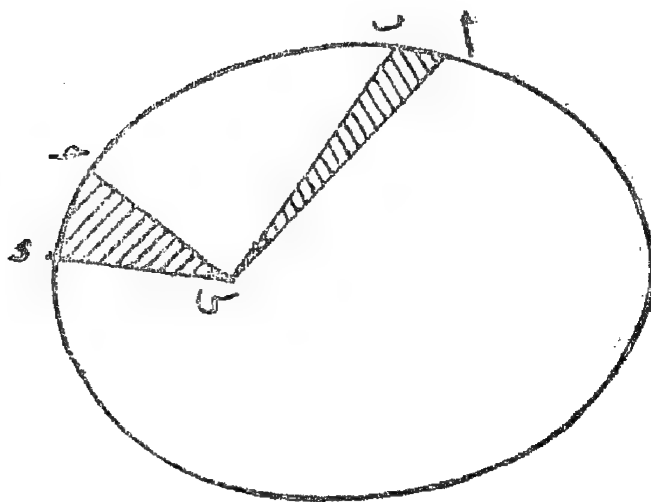
### قوانين كبلر

وبينما كانت هذه المعركة الجدلية في ذروتها كان الفلكى الهولندى  
( تيهنوبراهى ) ( ١٥٤٦ - ١٦٠١ ) يتابع رصد الكواكب السيارة المختلفة  
ومواقعها فى السماء على مرور الأيام والسنين الطويلة بدقة فائقة أتاحت لمعاصره



الألماني، (كبار) (١٥٧١ - ١٦٣٠) أن يستنبط منها القواعد الأساسية لحركة الكواكب السيارة وقد عرفت فيما بعد بقوانين كبلر وهي :  
أولاً — تدور الكواكب السيارة جميعها حول الشمس في مدارات بيضاوية تحتل الشمس إحدى بورتياها .

ثانياً — الخط الواصل بين كل من الكواكب السيارة والشمس يرسم من مداره مساحات متساوية في أزمنة متساوية



(شكل ٨) مدار كوكب سيار بالنسبة

للشمس س وفق قوانين كبلر

أثناء شهر من الزمن وليكن شهر يناير ثم انتقل من ح إلى و أثناء شهر من الزمن وليكن يوليه فإن مساحة القطاعين أ ب س ، ح و س متساويتان

ولما كان السيار في ح و أقرب إلى الشمس منه في أ ب فالأجل أن يتحقق هذا الشرط وهو تساوي المساحتين أ ب س ، ح و س يجب أن يكون القوس ح و أطول من القوس أ ب . وبما أن القوسين المذكورين قد قطعاً في فترتين متساويتين من الزمن استنتجنا أن كل سيار يكون أسرع في حركته كلما كان أقرب إلى الشمس وأن سرعة السيار في مداره ليست ثابتة .

ثالثا - أن مربعات الأزمنة لدورات الكواكب السيارة حول الشمس تتناسب تناسباً طردياً مع مكعبات متوسط المسافات بينها وبين الشمس .  
فلو فرضنا أن المشتري يتم دورته حول الشمس في زمن قدره  $N$  وأن متوسط بعده هو  $z$  وأن زحل يتم دورته حول الشمس في زمن قدره  $n$  ومتوسط بعده منها هو  $z$  فمن الممكن صياغة قانون كبلر الثالث في الصيغة الرياضية الآتية :

$$\left(\frac{z}{z}\right)^3 = \left(\frac{N}{n}\right)^2$$

ويستطيع القارئ أن يحقق بنفسه صحة هذا القانون بالتعويض في قيم  $N$  و  $n$  و  $z$  و  $z$  العددية من الجدول (صفحة ٤٣)

وقوانين كبلر هذه رغم أهميتها ليست سوى ترجمة لأرصاء تيكوبرا هي التاريخية ولسكنها لا تفسر لنا لماذا كانت مدارات الكواكب السيارة بيضية وليست دوائر تامة مثلاً كما زعم كبرنيق ولماذا يرسم الخط الواصل بين أى من الكواكب السيارة والشمس مساحات متساوية من مداره في أزمنة متساوية .

ولكن قانون الجاذبية العام للعالم الإنجليزى الشهير نيوتن (١٦٤٣ - ١٧٢٧) يفسرها تماماً وهكذا تصبح قوانين كبلر قوانين طبيعية بل وفي الواقع نتائج القانون الجاذبية العام مع أنها اكتشفت قبله .

## قانون الجاذبية العام

منطوق القانون :

« كل جسم في الوجود مهما كان تركيبه الكيماوى أو الطبيعى يجذب إليه »  
« كل جسم آخر بقوة تتناسب تناسباً طردياً مع حاصل ضرب كمية المادة في كل منهما وعكسياً مع مربع المسافة بينهما »

فمن مظاهر هذه الخاصية التى أودعها الله فى الأجسام المادية كافة سقوط الأجسام نحو الأرض فنحن إذا حاولنا أن نقدف بكره رأسياً إلى أعلا فلا تلبث بعد قليل أن تعود إلى الأرض بفعل الجاذبية وإذا قدفنا الكرة فى إتجاه مائل عن الرأسى فإنها ترسم مساراً منحنياً ثم تعود ثانية إلى الأرض على بعد من النقطة التى قدفت منها يتوقف طوله على قوة قدفها وزاوية إتجاهها ويعزى ذلك أيضاً إلى فعل الجاذبية .

ويتحرك القمر حول الأرض بسرعة تقدر بنحو ألفين وثلثمائة ميل فى الساعة وينحن مساره باستمرار نحو الأرض كما هو الحال فى المثال الأخير من الأمثلة السابقة -- واسكن دون أن يسقط إلى الأرض ولولا هذا الإنحناء المستمر نحو الأرض لبعد القمر فى الفضاء ولا انتهى به سفر سنة واحدة إلى مكان سحيق فى الفضاء يساوى نحو عشرين مليون ميل بدلاً من بعده الثابت تقريباً وقدره مائتين وأربعين ألف ميل .

ولقد عزا السير إسحق نيوتن هذا الإنحناء المستمر فى مسار القمر نحو الأرض إلى التجاذب المتبادل بينهما ذلك التجاذب الشبيه فى نوعه بسقوط الأجسام نحو الأرض فى الأمثلة الأولى وأن اختلاف فى مظهره وقاده تفكيره

السليم إلى اكتشاف أن هذا التجاذب من خاصية الأجسام كلها مهما كان تركيبها الكيماوى أو الطبيعى وأنه موجود بالفعل بين جميع الأجسام ولو أننا فى كثير من الأحيان لا نكاد ندرك أثره .

ولو فكرنا قليلا فى سر بقائنا على الأرض الكروية وفى أى نقطة منها ولأولئك الذين يعيشون فى نصف الكرة الجنوبي -- والذين عند ما تذكر أن الأرض كروية نشفق لأول وهلة أن يسقطوا منها فى الفضاء العظيم -- لولا ما أودعه الله فيهم وفى الأرض من قوة الجاذبية التى تحول فى كل وقت دون أن يفلتوا من قبضتها الخالدة .

ومن آثار الجاذبية هذا الغلاف الهوائى الذى يحيط بالأرض والذى لولاه لاستحالت الحياة على سطحها فجزئيات الهواء تنطلق فى جميع الاتجاهات بسرعة تقدر بمئات الأمتار فى الثانية وليكن قبضة جاذبية الأرض عليها أقوى من أن تتيح لها الانتشار فى الفضاء . ويقدر الرياضيون أن أى جسم يستطيع أن يتخلص من قبضة جاذبية الأرض إذا انطلق بسرعة لا تقل عن سبعة أميال فى الثانية .

ولقد وجد نيوتن أن قوة الجاذبية لجسم ما تزداد أطرادا بازدياد كتلته ولما كانت الأرض من الضخامة بحيث يحقر بجانبها كل شئ آخر على سطحها لم ندرك بادية الأمر أثر الجاذبية فيما عداها من الأجسام وحسبنا دائما أن قوة الجاذبية من خصائص الأرض وحدها دون غيرها مع أنها من خواص الأجسام كلها صغيرها وكبيرها ومهما كان شكلها أو تركيبها والسبب فى أننا لا ندرك أثرها فى الأجسام العادية هو ضآلة مقاديرها .

ومع ذلك فقد أمكن عمل التجارب المختلفة لقياس الجاذبية بين الأجسام وتحقيق قانون الجاذبية مما يجده القارىء في كتب الطبيعة .

فلو فرضنا أن جسمين المسافة بين مركزي ثقلها تساوى سنتيمترا واحدا وأن قوة التجاذب بينهما تساوى ٣٦ وحدة من وحدات القوى مثلا فإنه عند ما تكون المسافة بينهما ٣ سنتيمتر بدلا من واحد تصبح قوة التجاذب بينهما ٩ وحدات بدلا من ٣٦ . أى الربع وعند ما تصير المسافة بينهما ٣ سنتيمترات تصبح قوة التجاذب بينهما ٤ وحدات وهكذا .

ولما كانت المسافة بيننا جميعا وبين مركز الأرض ( وهى مركز الثقل لها ) واحدة نجد أن التجاذب المتبادل بيننا وبين الأرض يختلف كمية باختلاف مقدار الكتلة فى كل منا وهو ما نعبر عنه بأوزاننا

ولما كانت الأرض غير كاملة التسكور وإن قطرها الواصل بين قطبيها أقصر من قطرها الاستوائى فقوة التجاذب بين الأرض وجسم معين تختلف باختلاف مكانه من سطح الأرض فيكون وزنه أكبر ما يكون عند أحد القطبين وأصغر ما يكون على محيط خط الاستواء .

والجذب الذى تجذب به الأرض فى مكان ما طنا من الرصاص يساوى الجذب الذى تجذب به الأرض طنا من الورق أو طنا من الماء وهذه هى الحقيقة العلمية التى تقوم عليها شئون التجارة بين الناس

فاذا عرفنا هذا استطعنا تقدير كتلة المادة التى تحتويها الأرض من حساب مقدار جذبها لطن من الرصاص أو لكرة صغيرة قذفت فانحنى مسارها إلى أن

سقطت إلى الأرض أو القمر في دورانه الدائب حولي الأرض. ومن هذه الطرق  
أمكن استنباط وزن الأرض ويقدر بنحو ٥٠٠٠ رطل ٦ طن

ومن معرفتنا الحركة جسمين متجاذبين كالقمر والأرض أو الأرض والشمس يمكن تحقيق قوة التجاذب بينهما التي يترتب عليها هذه الحركة الدائرية ومن معرفة وزن الأرض يمكن استنباط وزن الشمس والتقدير أن الحديثة تدل على أن وزن الشمس يعادل أكثر من ثلاثمائة ألف مرة وزن الأرض

من أجل ذلك كانت قوة جذب الشمس عظيمة حتى على أبعد السيارات أو المذنبات التي تدور حولها ، وهذا الدوران للسيارات كلها والمذنبات هو نتيجة التجاذب بينها وبين الشمس كما أن سقوط الأجسام إلى الأرض دليل التجاذب بينها وبين الأرض سواء بسواء . ولولا هذه القبضة القوية للشمس على السيارات والمذنبات لانطلقت هذه في الفضاء إلى غير عودة . ولما كان هذا الدوران غير المنقطع لها حول الشمس

ولقد فسرت قوانین کبیر الثلاثۃ فی ضوء قانون الجاذبۃ العام علی الوجه الآتی

القانون الثاني: أن القوة التي تحرك الكوكب السيارة في مداره إتجاهاً دائماً في الخط الواصل من الكوكب السيارة للشمس.

القانون الأول : القوة على أى كوكب سيار تناسب تناسبا عكسيا مع مربع المسافة بينه وبين الشمس .

القانون الثالث : أن القوى التي تؤثر على الكواكب السيارة تتناسب تناسباً طردياً مع أوزانها وتناسباً عكسياً مع مربعات أبعادها المختلفة من الشمس

## اكتشاف الكواكب السيارة

« أرانوس ونبوتون وبلوتو »

ذكرنا آنفا أن القدماء كانوا يعرفون من الكواكب السيارة خمسة هم عطارد والزهرة والمريخ والمشتري وزحل وقد رأينا كيف ثبت في فجر القرن السابع عشر أن الأرض كوكب سيار .

وفي عام ١٧٨١ رأى النير وليم هرشل جسما غريبا في مظاره فوصفه بأنه نجم سديمي أو مذنب ولكن الارصاد العديدة التي أخذت له بعد ذلك أثبتت أن هذا الجسم الغريب كوكب سيار وأسماه الفلكيون « أرانوس » وقد دل البحث بعد ذلك على أن ثمة إرصاد كثيرة أخذت له قبل ذلك التاريخ باعتباره نجما لا كوكبا سيارا وقد أتاحت هذه الارصاد حساب مداره حول الشمس ومواقعه في الأزمنة المستقبلية .

غير أنه لوحظ بعد ذلك وعلى مرور السنين أن حركة أرانوس في السماء لا تطابق المواقع المستنبطة بالحساب تطابقا تاما ومع أن الفرق بينهما طفيف لم يعدو دقيقتين قوسيتين ألا أنه لم يكن هناك ما يبرره . فواقع السيارة المستنبطة بالحساب قد وجدت بعد حساب قوى الجاذبية عليه من الشمس والكواكب السيارة الأخرى جميعها على أساس قانون الجاذبية

فليس ما يبرر وجود هذا الاختلاف إلا أحد أمرين الأول أن يكون قانون الجاذبية العام الذي استنبطت على أساسه مواقع السيارة بالحساب قانونا

غير طبيعي فيكون الخطأ في جانب الحساب والثاني أن يكون هناك جسم آخر غير معروف يؤثر في أرانوس بالجذب .

ولقد تمكن إثنان من نوابغ الرياضيين « آدمز » الانجليزى و « لافرييه » الفرنسى من حل هذه المسألة مستقلين أحدهما عن الآخر بفرض وجود سيار ثامن فحسبها موقعه في السماء من مقدار تأثيره بالجاذبية في أرانوس عام ١٨٤٥ .

وبالفعل عندما صوب الفلكيون مراقبهم الضخمة إلى المواقع من السماء التى أشار بها آدمز ولافرييه وجدوا هذا الكوكب السيار المنشود فكان هذا انتصاراً لنظرية الجاذبية لايعدله انتصار آخر في ميادين البحث العلمى وأسماه « نبتون » .

ولقد كان من الطبيعى أن يتابع الفلكيون أرصادهم على هذا الكوكب السيار كما فعلوا في أرانوس ليروا كيف تحقق الأرصاد الفلكية المواقع المستنبطة بالحساب على أساس نظرية الجاذبية العامة ولقد تميزوا باختلافات طفيفا بينهما يشابه ما وجدوه بادی . الأمر في حالة أرانوس فاستنتجوا في الحال وجود كوكب سيار تاسع .

ولقد أتم الدكتور « لويل » برصد فلاجستاف بأريزونا بحثه النظرى عن هذا السيار وفى ١٢ مارس ١٩٣٠ أعلن اكتشافه خلال المنظار ولكن بعد وفاة « لويل » ولقد سمي السيار الجديد بلوتو اشتقاقاً من الأسطورة اليونانية لأن بلوتو أخ المشتري ونبتون وابن زحل .



ولا يصغرن من قيمة هذا الاكتشاف أن الطريقة العلمية التي استخدمت في اكتشافه هي بعينها الطريقة التي استخدمت في اكتشاف نبتون . إذ يجب أن نتذكر أن هذا السيار يبدو ضئيلاً بحيث أن أصغر النجوم التي ترى بالعين المجردة ألمع منه بنحو ١٦٠٠ مرة ولهذا كان اكتشافه من المسائل الفنية الصعبة .

وبلوتو هو آخر ما اكتشف من الكواكب السيارة ولم يمض من الوقت ما يكفي للحكم باحتمال وجود سيارات أخرى .

الكوكب السيارة	مدة دورته حول الشمس	متوسط بعده من الشمس باعتبار ١ = بعد الأرض	قطره بالميل	عدد أقماره ووزن الأرض باعتبار ١ =	كتافته	مدته حول نفسه	متوسط سرعته في مداره بالميل في الثانية
عطارد	٨٨ يوما	٠,٣٩	٣٠٠٠	٠	٣,٨	٨٨ يوم	٣٥-٣٣
الزهرة	٢٢٥	٠,٧٢	٧٠٠٠	٠	٥,٢	٢٢٥	٢٢
الأرض	٣٦٥,٢٥ سنة	١,٠٠	٧٩٢٦	١	٥,٥	٣٦٥,٢٥	١٨,٥
المريخ	١,٨٨ سنة	١,٥٢	٤٢٠٠	٢	٣,٩	٢٤٣٧	١٥
المشتري	١١,٨٦	٥,٢٠	٨٨٧٠٠	٩	٣,١٨٤	٩٥١	٨
زحل	٢٩,٤٦	٩,٥٤	٧٥١٠٠	٩	٩,٥٢٢	١٠١٤	٦,٥
أورانوس	٨٤,٠٢	١٩,١٩	٣٠,٩٠٠	٤	١,٤٢٦	١٠٤٥	٤
نبتون	١٦٤,٧٩	٣٠,٧٠	٣٣٠٠٠	١	١,٦٢٩	٧٥٠	٣,٥
بلوتو	٢٥٠,٠٠	٤٠,٠٠	٣٦٠٠	—	—	—	—

ويتضح من هذا الجدول أجمالا أن أكبر الكواكب السيارة كتلة وحجمها المشتري وزحل ويقعان في الوسط بالنسبة لمجموعة الكواكب السيارة وهما أكثر أقمارا وتقل الكتلة والحجم وعدد الأقمار اضطرابا في الطرفين في المجموعة ويلاحظ أيضا أن متوسط سرعة السيار في مداره تزيد اضطرابا كلما كان قريبا من الشمس فهي تتراوح بين ٢٣ إلى ٣٥ ميل في الثانية لعطارد وتبلغ ٢٥ ميل في الثانية لنبتون وكذلك مدة دورة السيار حول نفسه تزيد اضطرابا مع قربها من الشمس .

والآن فسنتكلم عن كل منها بشيء من التفصيل .

عطارد - هو أقرب الكواكب السيارة من الشمس وهو صغير الحجم إذ أن قطره يساوي ثلاثة آلاف ميل فهو أكبر من القمر بنحو ٤٠ في المائة وليس له أقمار ويبلغ وزنه خمسة في المائة من وزن الأرض ولقربه من الشمس فرويته نادرة ويرى في المنظار كهلال عندما يكون قريبا من الشمس وكنصف قمر عندما يكون بعده الزاوي من الشمس ٢٨ درجة وهو أقصى بُعد يصل إليه

وهو كالقمر لا تحيط به طبقة هوائية نظرا لصغره ويبلغ بعده من الشمس عندما يكون في نقطة الرأس ٢٩ مليون ميل وفي نقطة الذنب ٤٢ مليون ميل الزهرة - هي أشبه الكواكب السيارة بالأرض فقطرها يساوي ٧٦٠٠ ميل ووزنها أربعة أخماس وزن الأرض وليس لها أقمار وتحيط بها طبقة هوائية كثيفة تحجب عن الراصد رؤية مميزات سطحها

ومدة دورتها حول محورها تساوى على الأرجح مدة دورانها حول الشمس أعنى ٣٢٥ يوما ولذلك يتعرض دائما لنصف سطحها نحو الشمس ويبقى النصف الآخر محتجبا .

وليس من المحقق وجود الأكسجين أو بخار الماء فى الطبقة الهوائية التى تحيط بالزهرة .

المريخ ويبلغ قطره ٤١٠٠ ميل ويدور حول محوره مرة فى كل ٢٤ ساعة و٣٧ دقيقة وحول الشمس مرة كل ٦٨٧ يوما فهو يشبه الأرض كثيرا من هذه الوجوه وفضلا عن ذلك فإن دائرته الاستوائية تميل على مستوى مداره حول الشمس بمقدار ٢٥ درجة .

ولهذا السبب نجد أن له فصولا تشابه الفصول الفلكية على سطح الأرض ولما كان الاختلاف المركزى لمداره كبيرا فإن بعده من الأرض عند الاستقبال يتراوح بين ٢٥ و٦٢ مليون ميل .

وللمريخ قمران اكتشفا عام ١٨٧٧ أحدهما يسمى ( فوبوس ) والآخر يسمى ( ديموس ) وهما صغيران تتراوح أقطارهما بين ١٠ أميال وخمسين ميل ويدور الأول حول المريخ فى ٧ ساعات و٣٧ دقيقة والثانى فى ٣٠ ساعة و١٨ دقيقة ونظرا للتشابه الكبير فى جرمى المريخ والأرض مال الكثيرون إلى الاعتقاد بوجود الحياة على سطحه وأثارت هذه المسألة اهتمام الفلكيين منذ أواخر القرن الماضى حتى أوائل هذا القرن .

ولقد دلت الأبحاث العديدة التى عملت لهذا الغرض على أن المناطق

الشمالية في المريخ تصل إلى ٧٠ درجة سنتجراد تحت الصفر وتتراوح درجة الحرارة في المناطق الوسطى بين ١٠ درجات و ٢٠ درجة عند الظهر في المريخ فوق المناطق التي سميت ( خطأ ) « بحار المريخ » وبين ٥ درجات فوق الصفر و ٥ درجات تحت الصفر فوق البقاع المسماة ( قارات المريخ )

أما ليل المريخ فشدید البرودة إذ تصل درجة الحرارة عليه ٤٥ درجة تحت الصفر قبيل شروق الشمس عليه وحوالي الصفر عند شروقها .

ولقد أثبت التحليل الطيفي وجود بخار في الطبقة الهوائية المحيطة به .  
ويوجد عند قطبيه طبقات من الجليد .

ومع أن التغيرات الموسمية على سطحه تدل على وجود نوع من الحياة النباتية على سطحه إلا أنه من المرجح عدم وجود أحياء عاقلة على سطحه وأن مظاهر الحياة عليه أشبه شيء بالحياة على الأرض بعد ملايين أخرى من السنين عندما تقل طاقة إشعاع الشمس التي نستمددها منها الآن عما هي عليه .

المشتري - هو أكبر الكواكب السيارة ويبلغ قطره الاستوائي ٨٨٧٠٠ ميل وقطره الواصل بين قطبيه ٧٢٧٠٠ ميل ويبلغ وزنه  $3.1 \times 10^{27}$  من وزن الشمس أو مايزيد عن وزن جميع الكواكب السيارة الأخرى وكثافته ١.٣٤ من كثافة الماء ويبلغ عدد أقماره تسعة أكبرها التي إلى الداخل وهي التي اكتشفها جاليليو ، عند اختراع المنظار وتفاوت أقطارها بين ٢٠٦٠ ميل و ٣٥٨٩ ميل ومدة دوراتها حول المشتري تتراوح بين يوم واحد و ١٦٢ يوم

وتدور السبعة أقمار القريبة من المشتري حوله في نفس الاتجاه أما الاثنان البعيدان فيدوران حوله في اتجاه مضاد .

ومما هو جدير بالملاحظة أن مستوى مدارات الأربعة أقمار التي للداخل لا تبعد كثيرا عن مدار المشتري حول الشمس كما أن مستوى مدار المشتري حول الشمس لا يبعد كثيرا عن مستوى الدائرة الكسوفية . ولهذا السبب تبدو أقمار المشترى تتحرك في خط مستقيم من أمام الكوكب السيارة العظيم أو من خلفه .

وقد راقب الفلكيون حركة أقمار المشتري منذ اكتشافها وحسبوا أوقات عبورها فوقه أو كسوفها خلفه وسرعان ما لاحظوا أن المشتري عندما يكون في الاستقبال - حيث يكون أقرب ما يمكن للأرض - يحدث كسوف أقماره قبيل الأوقات المستنبطة بالحساب بدقائق معدودة وعند ما يكون المشتري أبعد من الأرض من بعده المتوسط يحدث الكسوف بعد الأوقات المحدودة بالحساب .

ولقد هيأت هذه الظاهرة الفلكية الظروف لاكتشاف من أهم الاكتشاف العلمية فقد علمها الفلكي الهولندي أولوس رومر عام ١٦٧٥ بأن للضوء سرعة محدودة وتمسكن من دراسة هذه الظاهر من استنباط سرعة الضوء .

ومن السهل أن نرى أنه لو كانت سرعة الضوء غير محدودة - كما كان يظن قبل ذلك - فأن كسوف أحد أقمار المشتري يراه الراصد على سطح الأرض في نفس اللحظة التي يقع فيها بصرف النظر عن البعد بين الأرض والمشتري .

ويرى على سطح المشتري من خلال المشتري نطاق رائع المنظر على جانبي دائرته الاستوائية .

وفي عام ١٨٧٧ شوهد على سطحه بقعة بيضية لونها أحمر فانهج ولوحظ مع مرور الزمن أنها تزداد احمرارا مع مرور الزمن حتى تلاشت عام ١٩١٩ وقد لوحظ أن مدة دوران المشتري حول نفسه عند المناطق الاستوائية تسع ساعات وخمسون دقيقة وعند القطبين نحو تسع ساعات وخمسين دقيقة فهو يشبه الشمس من هذه الناحية .

وليس هناك شك في أن المشتري تحيط به طبقة كثيفة من الهواء ويلاحظ أن كثافته ( $\frac{1}{3}$  كثافة الماء) تساوى تقريبا الكثافة المتوسطة للشمس ولذا اعتقد بعض العلماء أن المشتري جسم غازي وأن درجة حرارته ليست كافية لتجعله يشع الضوء كالشمس .

ولكن العالم الرياضى هارولد جفرى استنتج من البحث النظرى عام ١٩٢٤ أن المشتري مكون من قلب صخرى يحيط به طبقة من الثلج يقدر سمكها بآلاف الأميال تعلوها طبقة هوائية ولقد أيدت الأرصاد الراديو مترية هذه النتيجة .

زحل - من أجمل الأجرام السماوية منظرا وهو فريد في شكله إذ تحيط به حلقات رائعة المنظر وهو يلى المشتري حجما وهو مثله بفرطع عند القطبين ويبلغ طول قطره الاستوائى ٧٥١٠٠ ميل وقطره الواصل بين قطبيه ٦٧٢٩٠ ميل وله تسعة أقمار يدور الذى إلى الخارج منها فى اتجاه مضاد .

واستنتج جفرى السالف الذكر عن المشتري يمكن تطبيقها على زحل وهو كالمشتري من حيث حول دائرته الاستوائية نطاق واضح . وتبلغ مدة دورته

حول نفسه عند النقط الاستوائية من سطحه حوالى عشر ساعات وربع وتزيد مدة الدورة فى النقط البعيدة من الدائرة الاستوائية كما هو الحال فى المشتري .

وكان كاسيني أول من لاحظ فى عام ١٦٨٥ أن حلقات المشتري غير متصلة — كما كان يظن قبل أن تتقدم صناعة المراقب — وزعم أنها مكونة من حلقتين أطلق على التى إلى الخارج منهما الحلقة ١ والأخرى ٢ يفصلهما قسم مظلم سمي « فاصل كاسيني » وفى أوائل القرن الماضى اكتشف « إنك » فاصلاً مظلماً آخر فى ١ سمي بأسمه .

وفى عام ١٨٥٠ اكتشف كل من بوند ودوز مستقل أحدهما عن الآخر إمتداداً للجزء ٢ إلى ناحية المشتري سمي « الحلقة الكريبيّة » .

وتدل أبحاث كيلر عام ١٨٩٥ وأرصاده أن كلا من هذه الحلقات تتكون من أجسام دقيقة غاية فى الصغر تدور حول زحل بسرعة تزيد كلما كانت أقرب إلى زحل أو بمعنى آخر فهمي أقمار فى ذاتها .

وفى عام ١٩١٧ لاحظ الكيبتن إينزلى أن زحل عندما يمر أمام أحد النجوم يحجب كثيراً من ضوءها عندما يكون النجم فى إتجاه الحلقة ١ وعندما يكون النجم فى إتجاه فاصل كاسيني يبدو لامعا لمعانه العادى كأنه غير محتجب بشئ فاستنتج أن هذه الفواصل خالية من المادة خلواً يكاد يكون مطلقاً .

ويبلغ سمك قسم كاسيني ٣٠٠٠ ميل .

أرانوس ونبتون وبلوتو : الأول منها أربعة أقمار تدور حوله فى إتجاه تقهقرى فى مدارات عمودية على مدار أرانوس حول الشمس وهى ظاهرة غريبة فى النظام الشمسى ويدور أرانوس حول نفسه مرة فى كل إحدى عشر ساعة .



أما نبتون فله قمر واحد يدور حوله في إتجاه تقهقري أيضا ويتم نبتون مداره حول الشمس في ١٦٥ سنة فلكية قد قطع منذ اكتشافه عام ١٨٤٦ ما يزيد قليلا عن نصف مداره .

ويقدر بعده من الشمس بنحو ثلاثين مرة بعد الأرض أو ما يعادل ألفين وثمانمائة مليون ميل .

أما بلوتو فلم يعرف عنه إلا أن أكثر مما يوجد في الجدول السابق سوى أن درجة الحرارة على سطحه تبلغ ٢٣ درجة مئوية تحت الصفر .

### النجيمات

وضع بود عام ١٧٧٢ قاعدته المعروفة بقانون بود عن أبعاد الكواكب السيارة المختلفة من الشمس وفحوى هذه القاعدة أننا لو وضعنا الأعداد صفر ١ ٢ ٣ ٤ ٥ ٦ ٧ ٨ ٩ ١٠ ١١ ١٢ ١٣ ١٤ ١٥ ١٦ ١٧ ١٨ ١٩ ٢٠ ٢١ ٢٢ ٢٣ ٢٤

وضربنا كل منها في العدد ٣ وأضفنا إلى حاصل الضرب العدد ٤ فإن الأعداد الناتجة تمثل على وجه التقريب أبعاد الكواكب السيارة من الشمس كما يتبين من الجدول الآتي وفي السطر الثاني الأبعاد المستنبطة بقانون بود وفي السطر الثالث الأبعاد الحقيقية على اعتبار أن بعد الأرض يساوى ١٠ وحدات .

صفر	١	٢	٤	٨	١٦	٣٢	٦٤	١٢٨	٢٥٦
٤	٧	١٠	١٦	٢٨	٥٢	١٠٠	١٩٦	٣٨٨	٧٧٢
٣٩٩	٧٢٢	١٠	١٥٢٢	×	٥٢٢٠	٩٥٢٤	١٩١٢٩	٣٠٠٧٧	
عطارد	الزهرة	الأرض	المريخ		المشتري	زحل	أورانوس	نبتون	

ولقد لوحظ أن بين المريخ والمشتري مكانا خاليا من أحد أفراد المجموعة الشمسية المعروفة وبرغم أن هذه القاعدة ليست قانونا طبيعيا فقد أثار وجود هذا الفراغ إهتمام الفلاسكين وصاروا يبحثون عن السيار المفقود طويلا حتى كان أول يناير عام ١٨٠١ حين أعلن الفلاسكى الإيطالى « بيازى » إكتشاف جرم سماوى لم يكن معروفا من قبل وبحساب مواقعته فى السماء فى أوقات مختلفة تبين أنه أحد أعضاء النظام الشمسى وسمى « سيرس » وقد وجد أيضا أن مداره ينطبق على مدار السيار المفقود الذى كانوا يبحثون عنه تحقيقا لقاعدة بود ولكنه لم يكن من الكبر بمقدار ما كانوا يتوقعون فإن قطره لا يزيد عن ٤٨٠ ميل أو ما يعادل خمس قطر عطارد .

وفى عام ١٨٠٣ اكتشف « أولبرز » سياراً صغيراً آخر سمي « بالاس » وظن الفلاسكيون أنه لابد وأن يكون هناك سيارات صغيرة أخرى مثلهما فصاروا يبحثون عنها حتى بلغ ما اكتشف منها فى نهاية عام ١٨٠٧ أربعة .

وفى عام ١٨٤٥ اكتشف الخامس وعندما أدخل « ماكس ولف » الفتيوغرافيا فى الأرصاد الفلاسكية عام ١٨٧١ سهل البحث عنها حتى صار عدد ما اكتشف منها فى نهاية ١٩٢٦ ألفين تقريبا اكتشف ولف وحده منها أكثر من خمسمائة .

وقد وجد أن بعضها ضئيل الجرم جدا يبلغ قطره نحو ميلين أو ثلاثة وتقع مدارتها جميعا مع استثناء واحد أو اثنين . بين مدارى المريخ والمشتري وبالنظر إلى كثرة عددها فقد رمن إليها بأعداد وللقليل منها بأسماء تخليدا لذكرى مكتشفها مثل « بيازى » تخليدا لاسم بيازى و « جوسيا » تخليدا لاسم الرياضى الألمانى الذى حسب مدارها و « البرزى » تخليدا لاسم أولبرز

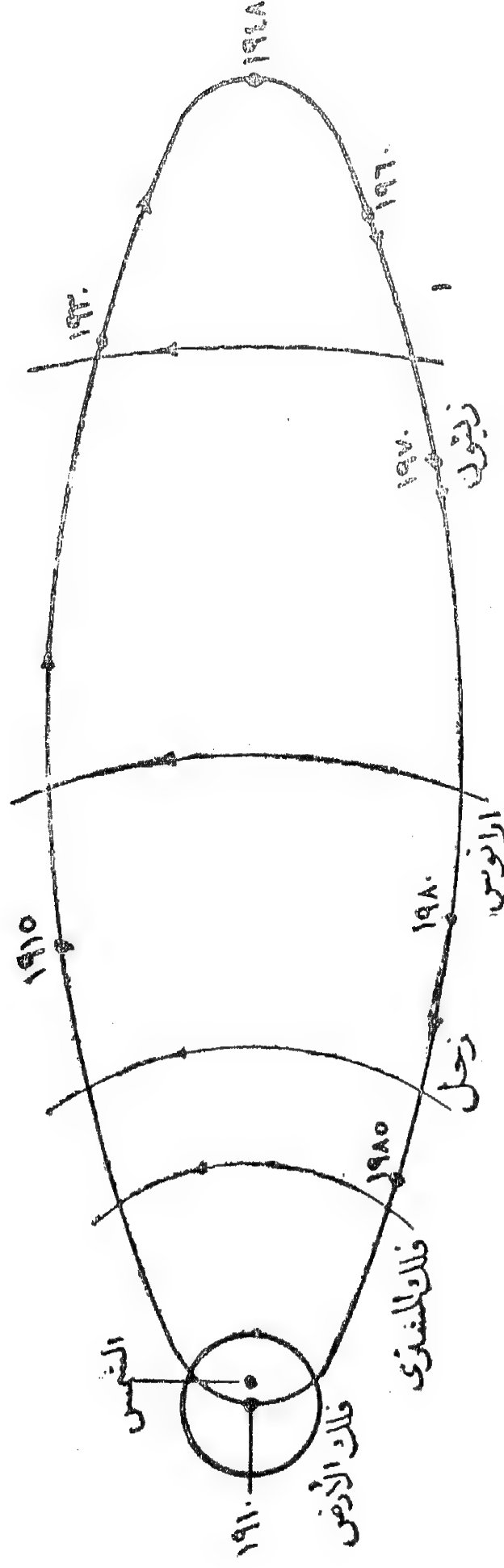
ومما هو جدير بالملاحظة أن هذه القاعدة لا تحقق بعد كل من نبتون وبلوتو بنفس الدقة التي تحقق بها بعد السيارت الأخرى فبينما أن بعد بلوتو الحقيقي يعادل ٤٠٠ إذا كان بعد الأرض ١٠ وحدات نجد أن العدد المقابل له في الجدول كما يستنبط من قاعدة بود هو ٧٧٢

### المذنبات

كان ظهور المذنبات قديما مصدرا للخوف والذعر وكان الناس يعتقدون أنها علامات على غضب المولى عز وجل

والمذنبات الكبيرة ثلاثة أجزاء رئيسية مميزة وهى : (١) الرأس وهو سحابي الشكل (٢) النواة وتقع في وسط الرأس وتكون لامعة كالنجم (٣) والذنب ويبلغ طوله في بعض المذنبات ملايين عدة من الأميال

والى ما قبل أواخر القرن السابع عشر لم تكن طبيعة المذنبات معروفة فكانت تفاجئ الناس بظهورها ثم تختفي بعد حين يطول أو يقصر وفي عام ١٦٨٢ ظهر مذنب كبير فزعم الفلكي الانجليزي « هالى » أنه هو نفس المذنب الذى ظهر قبل ذلك في سنتي ١٦٠٧ ، ١٥٣١ ومن ثم حسب مداره وتنبأ بأنه سيعود للظهور مستقبلا في سنتي ١٧٥٨ و ١٩١٠ وقد تحققت نبوته بالفعل وقد بنى هالى زعمه على أساس أن المذنبات من المجموعة الشمسية تدور حول الشمس في مدارات تختلف عن مدارات السيارت في أن الأولى ذوات اختلاف مركزي كبير بينما الثانية تكاد تكون دائرية وزعم أيضا أن اتجاه سيرها في مدارتها حول الشمس مضاد لاتجاه سير السيارت . فبعضها يقترب من الشمس حتى يكون داخل مدار الأرض ثم



( شكل ٩ )

مسار مذنب هالي بالنسبة لمسارات السيارات ومواقفه أثناء دورة كاملة ابتداء من ١٩١٠

يبتعد عنها شيئاً فشيئاً حتى يخرج عن مدار المشتري أو مدار نبتون  
( انظر شكل ٩ )

ويبلغ عدد المذنبات التي تقرب في سيرها من مدار المشتري نحو خمسين  
مذنبا وتبدو المذنبات عندما تقترب من الأرض من أكبر الاجرام السماوية  
وأروعها منظرا ولسكنها في الحقيقة من أقلها كتلة وربما لا يزيد وزن أكبرها  
من جزء من مليون من وزن الأرض ويلاحظ في جميع المذنبات أن اتجاه  
الذنب يكون دائما متجها إلى الناحية الأخرى من الشمس فإذا كانت الشمس  
في ناحية الشرق فإن الذنب يكون متجها إلى الغرب وإذا كانت الشمس في  
الغرب فإن الذنب يكون متجها نحو الشرق وهذه الظاهرة تؤيدها الارصاد  
الطيفية تدلنا على أن المادة المكونة للذنب قليلة الكثافة جدا إلى درجة  
أن ضغط اشعاع الشمس عليها كاف لأن يوجهها في الاتجاه المقابل للشمس  
وقد ثبت من التحليل الطيفي لضوء المذنبات أن بعضه تشعه بعض  
المركبات الكربونية في مادتها والبعض الآخر هو ضوء الشمس  
منعكسا عليها .

وهناك مذنبات صغيرة لا ترى إلا بالمنظار وكثير منها ليس له ذنب  
وهو العلامة الهامة المميزة لهذا النوع من الاجرام السماوية ومتوسط ما يرى  
منها بالمنظار في كل عام ستة .

### الشهب والنيازك

الشهب أجسام صغيرة من النظام الشمسي تكون مجموعات كأسراب  
الطير وتسبح في الفضاء حول الشمس في مدارات بيضية وتتراوح أوزانها

بن أوقيات قليلة وأطنان مدة وعند تمر الأرض أثناء سيرها حول الشمس بمدار أحدى هذه المجموعات تجذبها إليها فتهاوى نحوها فإدى بسرعة كبيرة ويتولد من احتكاكها بالطبقة الهوائية المحيطة بالأرض حرارة شديدة فتشتعل، ويذهب معظمها هباء في الجو أما القليل جدا منها مما لا تكفى الحرارة المتولدة فيه بالاحتكاك مع الهواء لتبخره فيسقط إلى الأرض وهو ما يسمى عادة نيازك وترى في المتاحف العلمية

وترى الشهب في كل ليلة ويكثر عدد ما يرى منها في الليالى الغير قمرية لالسبب سوى أن ضوء القمر يحجب رؤية الكثير منها وهى فى بعض الأوقات أكثر منها فى غيرها ومعظمها يبلغ فى ضيائه درجة لمعان نجوم العين المجردة وبعضها يصل إلى درجة لمعان الزهرة أو المشتري

وهى ترسم باحتراقها فى الجو خطوطا لامعه وقد تمكث دقيقتين أو ثلاثة ومنها ما يصحبه صوت انفجار شديد وتسمى (السكرات النارية)

ومن الممكن تعيين ارتفاع هذه الشهب فوق سطح الأرض عند اشتعالها وتعيين سرعتها برصد خطوط سيرها بين النجوم من مكانين مختلفين على الأقل من سطح الأرض . وقد دلت مثل هذه الارصاد على أن ارتفاعها عند بدء رؤيتها نحو ٨٠ ميل وعند اختفائها نحو ٥٠ ميل وقد بلغ طول المسار الذى يرسمه بعضها مضيئا مئات عديدة من الأميال ومتوسط سرعتها داخل الطبقة الهوائية ٣٦ ميل فى الثانية

أما السكرات النارية فتكون عادة على ارتفاع ١٠٠ ميل وتتوغل أكثر

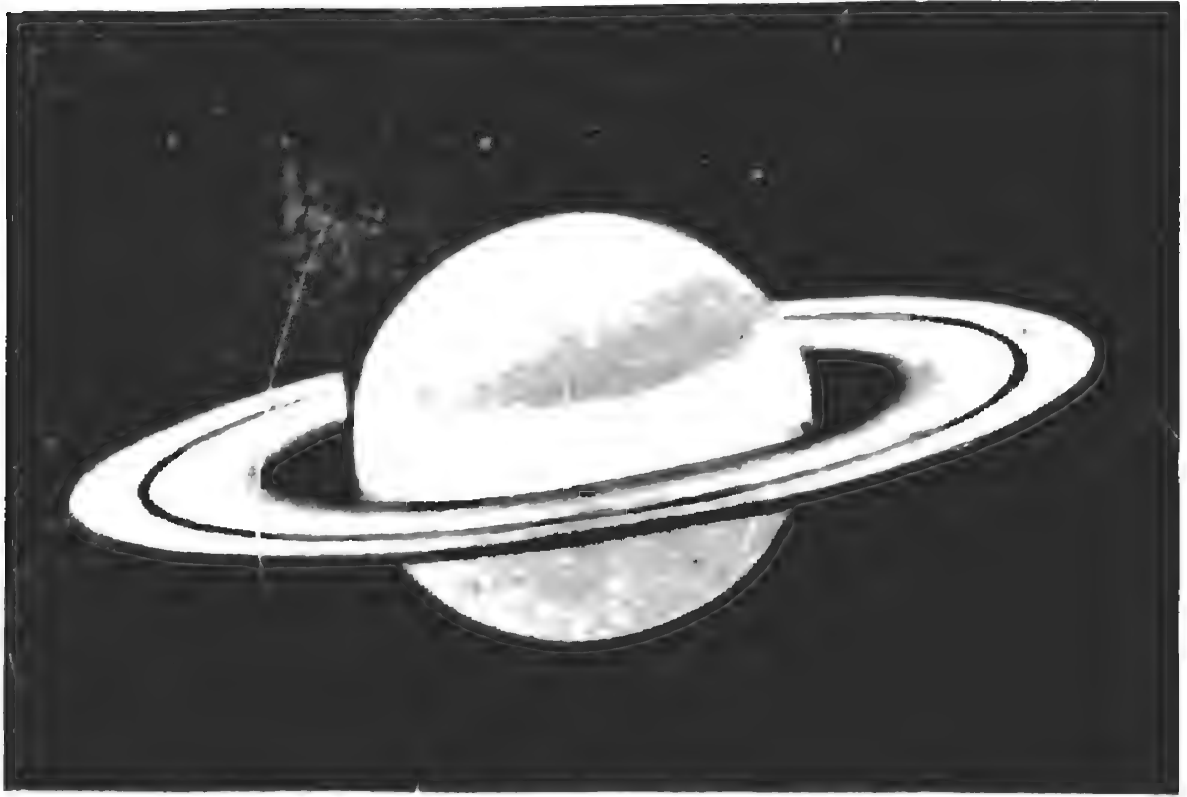
من غيرها في الطبقة الهوائية وعند اختفائها تكون على ارتفاع يتراوح بين خمسة وعشرة أميال

ويتراوح عدد ما يرى من الشهب في الساعة الواحدة بين ستة وستين ويقدر عدد ما يدخل منها الطبقة الهوائية يوميا بملايين عدة

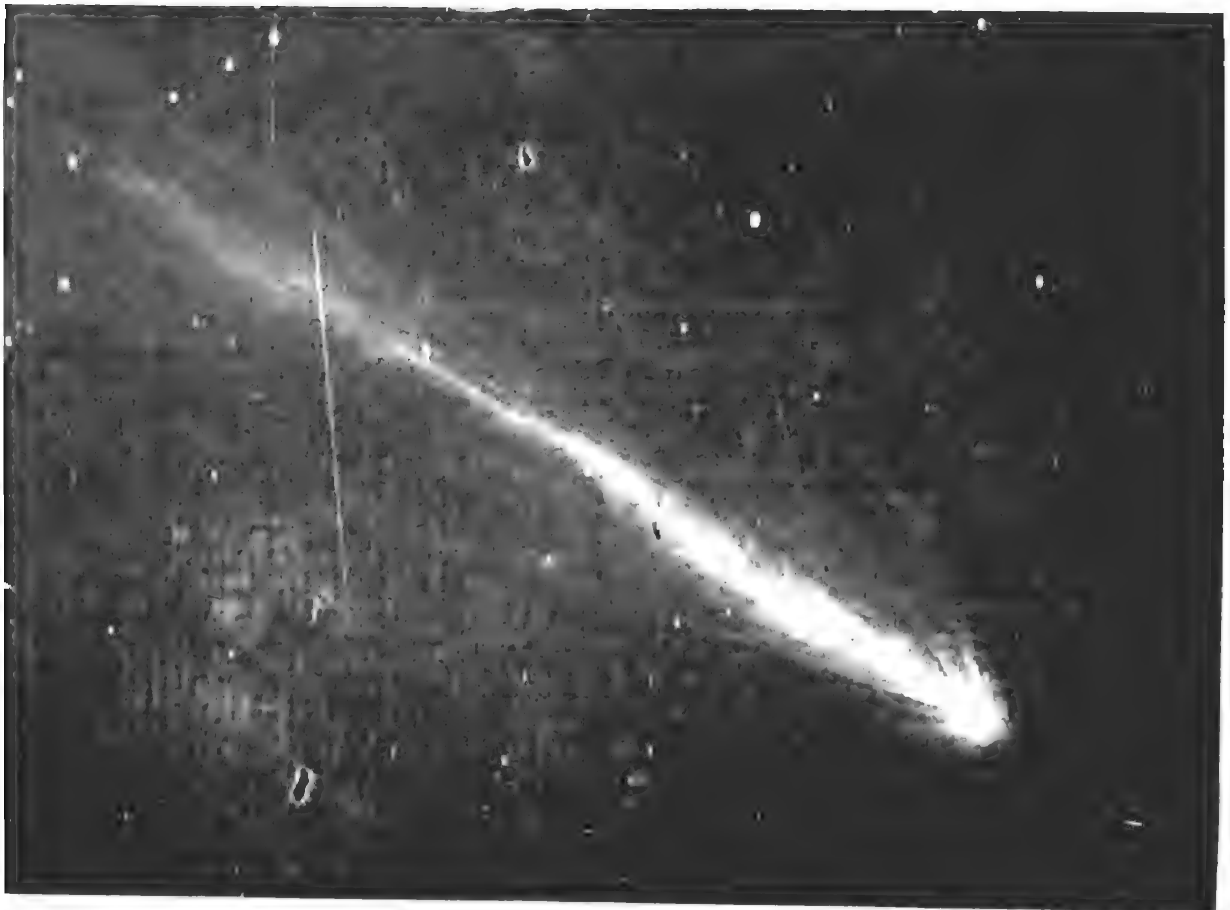
وبتحليل ما وصل منها إلى الأرض وجد أن المواد الرئيسية فيها مكونة من الحجر الجيري والمنجنيز والحجر السيليسي مختلطة بحبيبات الحديد وقليل منها يحتوي على الحديد النقي متحدا مع النيكل بنسبة قليلة وعلى وجه العموم فليس بين العناصر المركبة لها عنصرا غير معروف على الأرض

ولو أننا رسمنا اتجاهات سير مجموعات الشهب في السماء لوجدنا أن كلا منها كانها تتشعب من نقطة واحدة في السماء تسمى باسمها ويتساقط وابل من الشهب من كل مجموعة في موسم معين وبعد دورة زمنية معينة وذلك لأن الأرض عندما تعبر مدارات هذه المجموعات سنويا تكون في بعض السنين أقرب إلى المجموعة منها في مرة أخرى ويكون تأثيرها عليها أشد فتسقط الشهب بغزارة وعندما تكون الأرض في نفس النقطة من مدارها في العام التالي تكون المجموعة قد بعدت عنها في مدارها فيقل تأثير جاذبية الأرض عليها ويقل بالتبعية عدد ما يسقط منها من الشهب

وتتوقف الدورة الزمنية لسقوط الشهب بغزارة من أي مجموعة على مدار هذه المجموعة حول الشمس ومدة دورتها حولها فالشهب الاسدية — نسبة إلى كوكب الاسد التي تبدو كأنها تتشعب منها — تشاهد كل عام حوالي ١٤ نوفمبر ولكنها تسقط بغزارة مرة في كل ٣٣ سنة

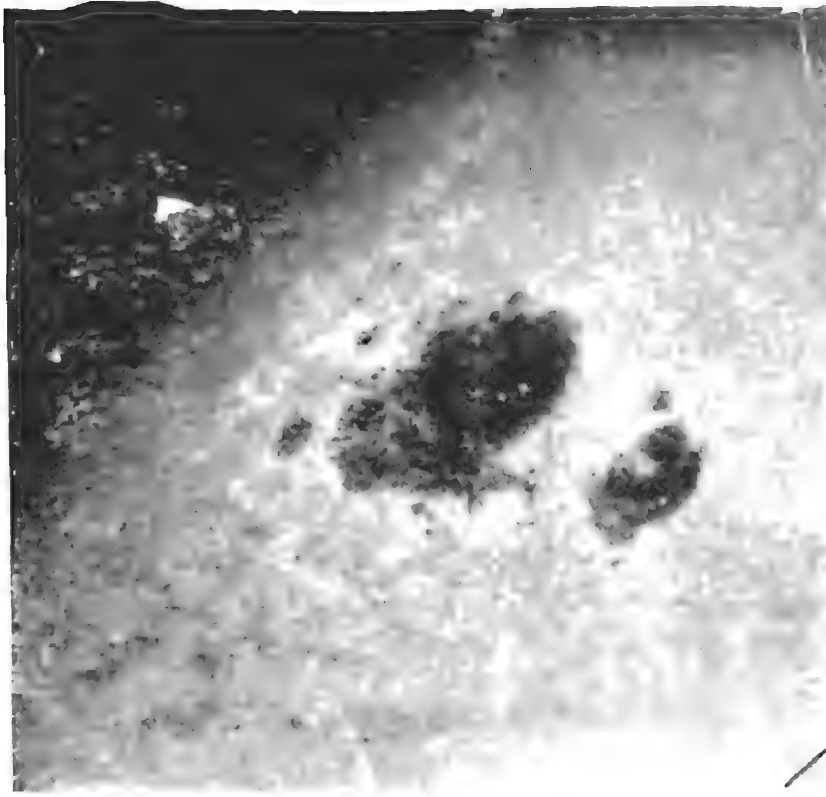


زحل

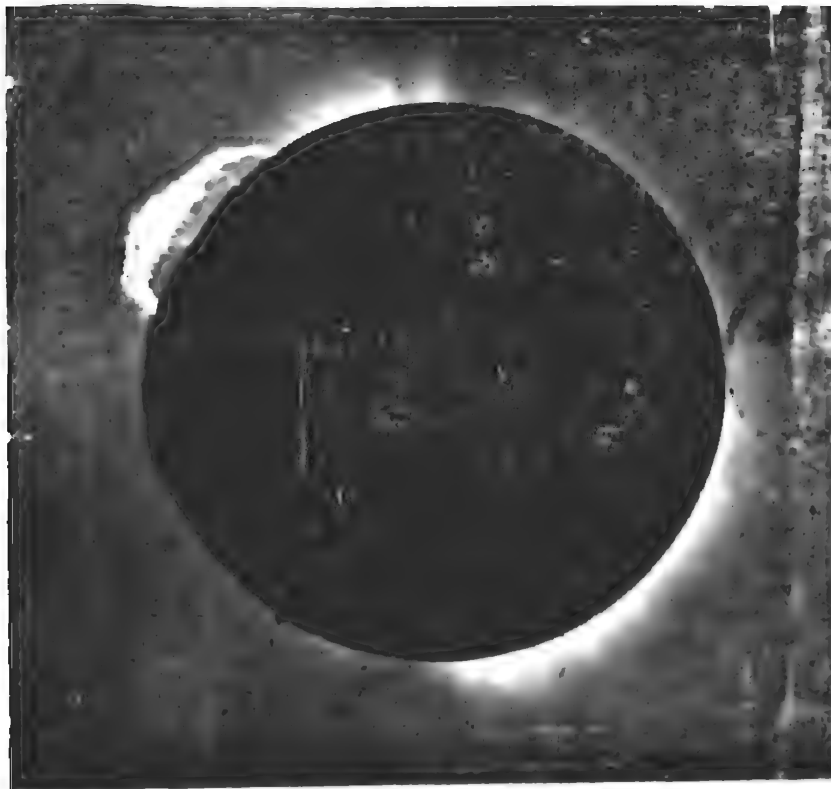


مذنب مورھوس نو فبر عام ۱۹۰۸





صورة فوتوغرافية لكلف الشمس في ٢٠ يناير سنة ١٩٢٦



قرص الشمس أثناء كسوف كلي عام ١٩١٩ وفيه يظهر الاكليل  
حول معظم القرص ولساناً ضخماً من اللهب

ارتباط الشهب بالمذنبات — شهد مذنب (بيلا) الكبير لآخر مرة عام ١٨٤٥ وفي يناير من السنة التالية شوهد هذا المذنب منقسما إلى جزئين منفصلين وعند عودته للظهور عام ١٨٥٣ وجد أن المسافة التي تفصل بين جزئيه كبيرة وفي عام ١٨٥٨ اختفى هذا المذنب نهائيا غير أنه في عام ١٨٧٢ — حيث كان منتظرا ظهور هذا المذنب — تساقط وابل كبير من الشهب من اتجاه كوكبه المرافة المسلسلة وبحساب مدار نقطة تساقط الشهب وجد أنها تنطبق على مدار المفقود.

وتدل هذه الظاهرة على احتمال تكوين الشهب من المذنبات المحطمة



## الباب الثالث

### الشمس - الأرض - القمر

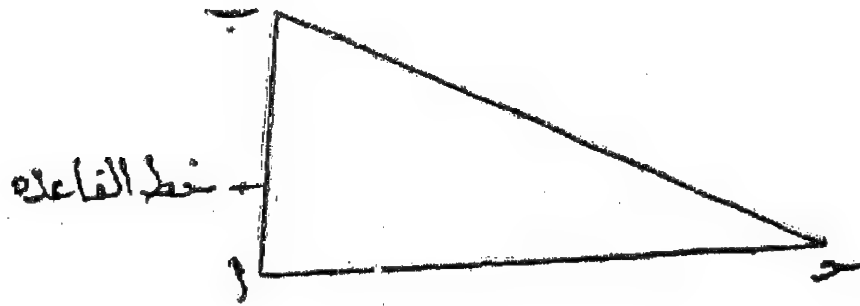
سنتكلم هنا عن النيرين الشمس والقمر وعن الأرض من الناحية الفلسفية في شيء من التفصيل لأهميتها الخاصة بالنسبة إلينا . وسنبدا الكلام عن الشمس باعتبارها - في النظريات الكونية الحديثة - أم الأرض وجدة القمر

#### الشمس

هي أهم الاجرام السماوية قاطبة بالنسبة إلينا فمنها نستمد الحرارة والضوء وهما العاملان الأساسيان للحياة على سطح الأرض . وهي مركز النظام الشمسي . وهي وحدها في هذه المجموعة التي تشع الضوء ، أما السيارات وأقمارها فتعكس الضوء الساقط على سطوحها من الشمس والشمس نجم تمثل النسبة الغالبة في النجوم من حيث الحجم والوزن والكثافة ودرجة الحرارة وغيرها . وهي كروية الشكل . وتقدر الزاوية التي بين طرفي قطرها عند أى نقطة من سطح الأرض بنحو ٣٢ دقيقة قوسية في المتوسط . وتتغير هذه الزاوية تغيرا طفيفا على مدار الأيام أثناء السنة وذلك لأن البعد بينهما وبين الأرض غير ثابت لأن مدار الأرض حول الشمس ليس دائريا بل بيضاويا . والحد الأعلى لهذه الزاوية هو ٣١,٦ دقيقة قوسية حيث تكون الأرض أبعد ما تكون منها ولما كان متوسط بعد الأرض من الشمس هو ٩٢,٩ مليون ميل استنتجنا أن قطر الشمس يساوي ٨٦٥,٠٠٠ ميل وهو ما يعادل مائة مرة قطر الأرض . وعلى هذا الأساس يقدر حجم

الشمس بنحو ١,٣٠٠,٠٠٠ حجم الأرض . أما وزنها فيقدر بنحو ٣٣٠,٠٠٠ مرة وزن الأرض . ومن هنا تقدر كثافة مادة الشمس بنحو ١,٠٠٠ ولما كان متوسط كثافة الأرض ٥,٥ نجد أن الأخيرة تعادل أربعة مرات كثافة مادة الشمس

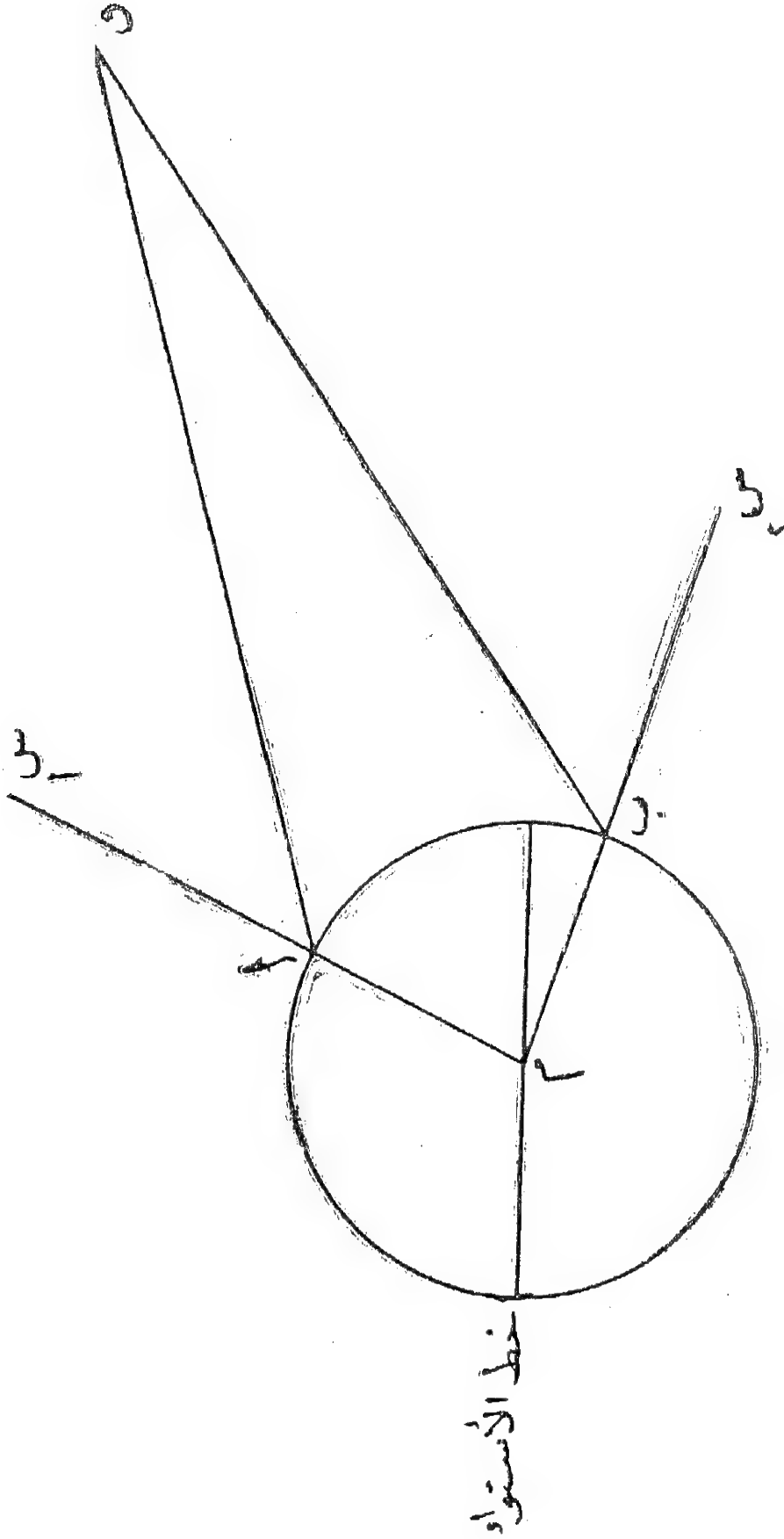
ويتخذ الفلاسكيون البعد المتوسط بين الأرض والشمس وحدة قياسية من وحدات الطول في المسائل الفلكية . واستنبطوا مقداره بطرق مختلفة ومن بين هذه الطرق تلك التي يستخدمها المساحون في تعيين البعد بين نقطتين يفصلهما عائق طبيعي كنهر أو تل مرتفع  $ا ب$  ح مثلا (شكل ١١) ففي مثل



( شكل ١١ ) قياس البعد بين نقطتين  $ا ب$  ح

هذه الحالة يبدأ المساحون بعمل مايسمونه (خط القاعدة)  $ا ب$  و يقيسونه بكل دقة ومن طرفيه  $ا ب$  يقيسون الزاويتين  $ا ب ح$  و  $ب ا ح$  وبحل المثلث  $ا ب ح$  رياضيا يمكن استنتاج طول الخط  $ا ح$  . وللحصول على نتائج دقيقة يجب أن يكون طول خط القاعدة مناسباً في كل حالة لطول البعد المطلوب تعيينه

و بتطبيق هذه الطريقة في المسائل الفلكية نجد أنه لا يمكننا اتخاذ خط قاعدة أكبر من قطر الأرض . فإذا أردنا تعيين بعد القمر ق



(شكل ١٢) قياس بعد القمر ق

( شكل ١٢ ) نختار لذلك مرصدين مثل  $\alpha$  و  $\beta$  على سطح الأرض وليكن أحدهما في نصف الكرة الشمالي والآخر في نصفها الجنوبي وبحيث يقعان على خط طول واحد إن أمكن كي يعبر القمر خط الزوال في كل منها في نفس الوقت

ومن كل من المرصدين يقاس البعد السمتي للقمر . وبما أن اتجاه سمت الرأس عند  $\alpha$  هو الخط  $\alpha\gamma$  فالبعد السمتي للقمر عندهما هو الزواية  $\gamma\alpha\beta$  وبالمثل فإن البعد السمتي للقمر في  $\beta$  هو الزواية  $\gamma\beta\alpha$

وبمعرفة خط عرض النقطتين  $\alpha$  و  $\beta$  بكل دقة يمكن استنباط طول خط القاعدة  $\alpha\beta$  وكذا الزاويتين  $\alpha$  و  $\beta$

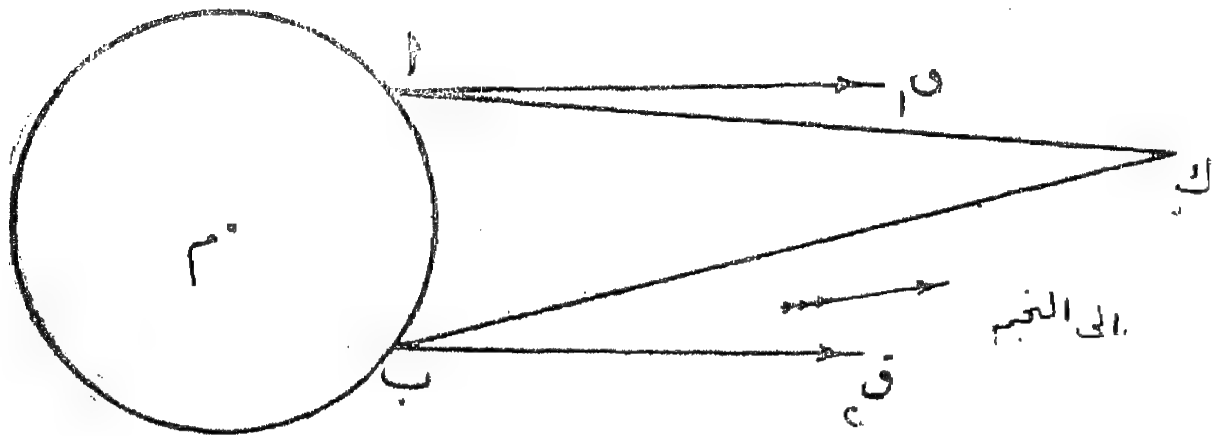
وبقياس الزاويتين  $\gamma\alpha\beta$  و  $\gamma\beta\alpha$  يمكننا تعيين الزاويتين  $\alpha$  و  $\beta$  ثم حساب المسافة  $\alpha\beta$  . ومن السهل بعد ذلك تعيين المسافة  $\alpha\gamma$  وهي البعد بين القمر ومركز الأرض وقد قدرت بنحو ٢٤٠.٠٠٠ ميل

ولقد وجد أن هذه الطريقة لا يمكن استخدامها في تعيين بعد الشمس وذلك لأن الشمس ليست جسما صلبا كالقمر فليس عليها نقط ثابتة لأخذ الأرصاد الدقيقة . فضلا عن ذلك فإن البعد بينها وبين الأرض كبير جدا إلى درجة أن خط القاعدة مثل  $\alpha\beta$  صغير بالقياس لبعد الشمس بحيث لا يتنسى قياس الزاويتين عند طرفيه بالدقة المطلوبة

من أجل هذا يقدر الفلكيون بعد الشمس بقياس بعد أحد السيارات كالزهرة أو المريخ أو أحد النجوم عندما يكون أحدها أقرب ما يمكن للأرض

ثم استنباط بعد الشمس بتطبيق قانون كبلر الثالث بعد معرفة مدة دورتها -  
حول الشمس

ويقدر البعد بين الأرض والسيار بطريقة مشابهة لتلك التي شرحناها  
آنفا عن تعيين بعد القمر باختيار مكانين  $أ$  و  $ب$  على سطح الأرض ثم قياس  
البعد الزاوي للسيار من أحد النجوم الثابتة  $ج$  مثلاً في وقت واحد بافتراض  
ان النجم بعيد جداً في أعماق الفضاء بحيث يمكن اعتبار الأشعة الضوئية  
التي تصل منه إلى كل من  $أ$  و  $ب$  متوازية فتقاس الزاويتان  $ج أ ب$  و  $ج ب أ$   
التي تصل منه إلى كل من  $أ$  و  $ب$  وتعيينها تتوفر لدينا العناصر الرياضية اللازمة لحل المثلث وحساب  
بعد السيار  $ك$  ( شكل ١٣ ) ولو تأملنا قليلاً لوجدنا أنه ليس من الضروري



( شكل ١٣ ) قياس بعد كوكب سيار  $ك$

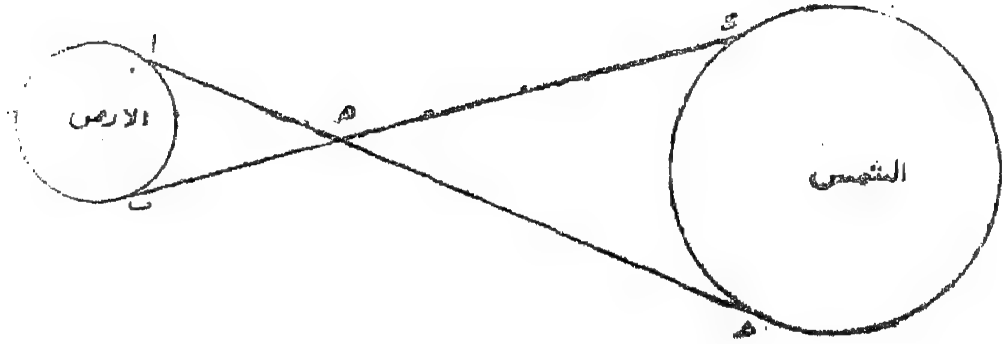
للقيام بهذه العملية من وجود راصدين في مكانين مختلفين من سطح الأرض  
مثل  $أ$  و  $ب$  وأنه يمكن لراصد واحد تعيين بعد السيار وذلك لأن دوران  
الأرض حول نفسها من الغرب إلى الشرق وتحرك الراصد نفسه في الفضاء  
نتيجة لذلك يهبط له خط القاعدة المطلوبة فالراصد عند خط الاستواء



يتحرك في الفضاء بمعدل ٨٠٠ ميل في الساعة وفي القاهرة بمعدل ٧٠٠ ميل في الساعة

فلو أن راصدا ما على سطح الأرض قام بقياس الزاوية التي بين السيار وأى نجم في السماء في الساعة السادسة صباحا مثلا ثم في الساعة السادسة مساء لتوفرت لديه العناصر الرياضية اللازمة لحساب بعد السيار وبتطبيق قانون كبلر يمكن استنباط بعد الشمس

ومن الطرق التي استخدمت لهذا الغرض رصد عبور الزهرة على قرص الشمس وقد رأينا أن مدارها الى الداخل من مدار الأرض حول الشمس وعندما يكون ثلاثتهم في اتجاه واحد يقال أن الزهرة في الاقتران وعندما تتوسط الزهرة بين الأرض والشمس يقال أنها في الاقتران الداخلي وعندما تكون في الجانب الآخر من الشمس يقال إنها في الاقتران الخارجي. ومن البديهي أنه لو كان مستوى مدار الزهرة حول الشمس منطبقا على مستوى مدار الأرض حولها لرأينا الزهرة تعبر قرص الشمس عند كل اقتران داخلي. ولكن لما كان المستويان غير متطابقين فإن هذه الظاهرة لا تحدث الا مرة في كل عدد من الدورات لهذين السيارين ويتكرر حدوثها على مدى دورات من السنين قدرت بـ ٨٠ ١٢٢٦ ٨ ١٠٦٦ ٨٦ سنين وكان آخر عبور عام ١٨٨٢ وسيكون العبور التالي عام ٢٠٠٤ وبعد ذلك في عام ٢٠١٢ وبقياس الزاوية التي بين مسار الزهرة على قرص الشمس كما يشاهد من نقطة ا على سطح الأرض ومسارها على قرص الشمس كما يشاهد من نقطة ب (شكل ١٤) يمكن حساب بعد الزهرة بعد تعيين طول الخط ا ب بالدقة ومن ثم استنباط بعد الشمس.



( شكل ١٤ ) استنباط بعد الشمس

وهناك طرق أخرى لتعيين هذه المسافة والنتائج جميعها متقاربة وتدل على أن بعد الشمس هو نحو ٩٢ر٩ مليون ميل

والشمس كرة عظيمة من المادة في حالة غازية تشع كميات عظيمة من الحرارة والضوء في جميع الاتجاهات من الفضاء السماوى ومع أننا ندين بالحياة بأنواعها المختلفة على سطح الأرض لما نستمد منه من الحرارة والضوء نجد أن ما يصيب الأرض من مجموع ما تشعه الشمس في جميع الاتجاهات ضئيل جدا ومن الممكن تقديره بحساب النسبة بين مساحة دائرة نصف قطرها ٤٠٠٠ ميل ( $\frac{1}{4}$  قطر الأرض) الى مساحة كرة نصف قطرها ٩٢ر٩ مليون ميل

وكل شيء في الشمس في حركة عنيفة وسطحها يغلي بشتى الطرق . أما جوفها فعبارة عن مركز عظيم من مراكز توليد القوه لا ينقطع عمله

والطاقة التي تتولد في داخلها تجعلها ساخنة الى حد مريع فتنتساب نحو سطحها تيارات عظيمة من الحرارة وعندئذ تنصب في الفضاء شعاعا وهاجاء

وقدر العلماء أن ما يصل إلى كل بوصة مربعة من سطح الشمس يعادل قوة خمسين حصانا ميكانيكيا . ولما كان لابد لمثل هذه الكمية العظيمة من الطاقة ان تنساب في الفضاء نجد أن سطح الشمس يغلي في كل مكان فتتقلب الطبقات العليا من السطح لكي تعرض أشد جنباتها حرارة نحو الفضاء ويتيسر للشعاع المحبوس ان ينساب منها بأكثر سرعة وهمكدا تنشأ النافورات الضخمة القرمزية اللون ويمتد شواظها مئات الآلاف من الأميال

ويحيط بالشمس جو ناري يحتوى على نفس العناصر الغازية الموجودة في جو الأرض وقد أثبت التحليل الطيفي وجود المواد الفلزية الثقيلة فيه أيضا كالبلاتين والرصاص والفضة وكذا العناصر الكيماوية الأخرى على شكل أبخرة مما يدل على أن حرارة جو الشمس من الشدة بحيث لا يتسنى لتلك العناصر ان تبقى على شكلها المألوف لدينا وهو الصلبة.

وقد رت درجة الحرارة في جو الشمس ببضعة آلاف من الدرجات وعند مركزها بالملايين لأن جوف الشمس أشد حرارة.

وقد ذكر الاستاذ ( جينز ) في إحدى مؤلفاته أننا لو رفعنا درجة حرارة قطعة من ذات الخمسة قروش الى درجة حرارة مركز الشمس فإن حرارتها تكفى لأن تجعل كل كائن حى على بعد آلاف الأميال منها يذبل ويضمهر.

ومن المعروف أن الضغط الجوى هو الذى يحدثه وزن جو الأرض عند سطحها ويعادل ١٥ رطلا على البوصة المربعة ويقدر بوزن عامود من الزئبق ارتفاعه ٧٦ سنتيمتر أما عند مركز الشمس فقد قدر الضغط بما يعادل أربعين ألف مليون ضغطا جويا . ومن هنا نستطيع ان نتصور حالة المادة

تحت تأثير هذين العاملين : الحرارة والضغط عند مركز الشمس  
فجزئيات المواد المكونة من ذرات مختلفة لا يكون لها وجود في  
الشمس . أما الذرة التي تتكون - في ضوء الأبحاث الحديثة - من جسيم  
عند المركز يسمى النواه ذات شحنة كهربائية موجبة تنظم حولها جسيم  
أو أكثر بشحنة سالبة تعرف بالكهارب وتدور حول النواه في مدارات  
دائرية على نط النظام الشمسي فقد دلت الأبحاث على أنها تفقد تحت تأثير الحرارة  
الشديدة الكهارب الأبعد من المركز فالتى تليها وهكذا حسب درجة الحرارة  
ولقد دلت الأرصاد الطيفية على أن ذرات الأ كسجين قد فقدت في أجواء  
بعض النجوم اثنتين من كهاربها وفي البعض الأخر ثلاثة .

ولا غرابة بعد ذلك أن نرى أن الذرة الكاملة ليس لها وجود داخل الشمس  
وإن نتصور المادة عند المركز مكونة من مجموعة متنوعة من النوايا (جمع نواه)  
والكهارب . وبالرغم من شدة الحرارة عند المركز فهناك من العناصر ما يستطيع  
الاحتفاظ بقبضته على أقرب كهرب أو اثنين . ومن شأن الضغط العالى فى  
جوف الشمس أن يجعل المادة مكدمه الى درجة لا يكاد يتصورها العقل .

ولما كان الشعاع الضوئى له وزن نجد أن الاشعاع النجومى الذى ينصب  
فى الفضاء منذ الأزل يستنفد من مادة النجوم باستمرار فتتناقص أوزانها .  
ولقد قدر أن الاشعاع الكلى الذى ينبعث من الشمس فى الثانية يحمل فى  
ثانيها نحو أربعة ملايين طن من كتلتها .

فمن المحقق إذن أن توليد الطاقة فى النجوم والشمس يختلف عن  
توليد الطاقة باحتراق الفحم ~~مؤلا~~ وإلا كان من المحتم نفاذ مادتها  
وتضاؤل حرارتها منذ زمن بعيد . أما احتراق الفحم فليس سوى عملية

كثائية لا يتضمن سوى ترتيب الذرات من جديد والطاقة التي نحصل عليها بهذه الكيفية منشؤها التفاعل الخارجى لذرات الكربون مع ذرات الاكسجين التي فى الهواء والتي يتكون منها ثانى اكسيد الكربون

ولقد قدر العالم الشهير البرت أينشتاين عام ١٩٠٥ أن هناك طاقة مخزنة فى ذرات المواد جميعها ، وقدر الطاقة التي توجد فى كيلو جرام واحد من المادة بما يساوى ٢٥ وحدة من وحدات الطاقة مع ان احتراق مليون طن من الكربون النقي لا ينشأ عنه سوى ٩٣ من وحدات الطاقة

ومن المهم ان نلاحظ هنا ان هذه الطاقة المخزنة فى ثنايا ذرات المادة ليست شيئا يضاف اليها وإنما هى المادة ذاتها فالحصول على ٢٥ وحدة من وحدات الطاقة من كيلو جرام من المادة ليس معناه استخراج هذه الطاقة من داخل الذرات وإنما معناه تحويل المادة الى طاقة والحصول عليها يكون على حساب المادة نفسها فتفنى وتصبح أثرا بعد عين وينمحي وجودها بهذه الكيفية .

وهكذا أصبحت المادة فى نظر العلماء صورة من صور الطاقة المختلفة كالطاقة الحرارية والطاقة الكهربائية وغيرها.

فلو فرضنا جدلا أن الشمس مكونة من أجود أنواع الوقود مختلطا بغاز الأكسجين بنسبة تسمح بالاحتراق التام نجد أن الطاقة التي تتولد عن ذلك تعادل الحرارة التي تنبعث من الشمس اثنا ١٥٠٠ سنة فقط أو ان عمر الشمس لا يكاد يزيد عن هذا الحد وهو ما لا يمكن الأخذ به.

ومن ناحية أخرى لو فرضنا ان الشمس بدأت حياتها مخزنه كمية عظيمة

من الحرارة وكانت درجة حرارتها عالية جدا في البدايه ثم بردت تدريجيا حسب المعدل الحالى ومقداره ٥ ر ٢ درجة فى كل عام لوجدنا أنها لا يمكن ان تستمر فى ارسال حرارتها اكثر من بضعة الاف من السنين تنخفض بعدها الى مايقرب من الصفر المئوى . ولذلك نجد أن هذا الفرض ايضا لا يستقيم لان معناه أن الحرارة التى كانت تستمدّها الارض من الشمس منذ بضعة آلاف من السنين أضعاف ما هى عليه الآن .

وأذن فالطاقة التى تتولد فى الشمس أو النجوم تنشأ من تحويل بعض مادة ذراتها الى طاقة أشعاعيه وعلى هذا الاساس استنتجنا أن أقل النجوم كتلة اكبرها سنا بوجه عام وان النجوم تفقد من درجة أضاءتها أسرع من فقدّها لأوزانها . ولقد وجد ان مايتحول من مادة الشمس الى طاقة اشعاعيه يساوى ٢٥٠ مليون فى الدقيقة فالذرات الباقية فيها حتى الآن تسكفها نحو ١٥ مليون مليون سنه ومع ذلك فيجب ان نذكر ان هذا المعدل ان يبقى ثابتا على مر الدهور الطويله بل يقل تدريجيا بمرور الزمن .

**كلف الشمس :** يشاهد على قرص الشمس بين آن وآخر بقع سوداء تعرف بكلف الشمس ، والواقع أنها ليست سوداء اللون فعلا ولكنها تبدو كذلك بالنسبة لباقي السطح الشديد الوهج . ولقد لوحظ كلف الشمس من من قبل اختراع المنظار . والارصاد المتتابعة التى أخذت عليه تدل على أنه يتحرك على سطحها من الشرق الى الغرب . وأن المدة التى تمضى بين بدأ ظهوره عند حافة الشمس الشرقيه واختفائه عند الحافة الغربيه تتراوح بين ١٣ ١٥ ٦ ١٥ يوم بما يدل على أن للشمس حركة

رحوبة حول نفسها وأن مدة الدورة تقدر بين ٢٦ و ٢٨ يوم

ولقد استبان من هذه الارصاد أيضا أن كلف الشمس يظمر على سطحها فيما بين خطى عرض ٥ و ٣٥ شمالا أو جنوبا وأنها تتبع في الزيادة والنقصان دورة زمانية تبلغ حوالى إحدى عشر سنة فيندر وجودها في بعض الأحيان أو ينعدم ثم يبدأ ظهورها ويزداد عددها تدريجيا حتى يبلغ أقصاه بعد أربع سنين ونصف ثم يتناقص بعد ذلك حتى يندر أو ينعدم وجودها بعد أربع سنين ونصف أخرى .

وعند ابتداء الدورة يرى الكلف عند خط عرض ٣٥° شمالا أو جنوبا وكلما ازداد عددها اقتربت من خط عرض ٥° شمالا أو جنوبا .

ولقد لاحظ لامونت بمركز ميونخ أن هذه الدورة الزمانية تطابق الدورة الزمانية لتغير العناصر المغناطيسية الأرضية . واكتشف في بعض الكلف مغناطيسية قوية .

والرأى السائد عن طبيعة كلف الشمس أنها فجوات عظيمة على سطح الشمس تنشأ من الحركة الدائمة في مادتها ولم يتأيد هذا الزعم بعد .

## الأرض

الأرض كرة عظيمة يبلغ طول قطرها ٧٩٢٠ ومحيطها ٢٤٨٨٠ . لا أنها ليست كاملة الاستدارة بل ينقص قطرها الواصل بين قطبيها عن قطرها الاستوائى بمقدار ٢٨ ميلا وتدور حول نفسها مرة في اليوم وفي نفس

الوقت تسبح في الفضاء حول الشمس بسرعة كبيرة تقدر بثمانية عشر ميلا ونصف في الثانية الواحدة فتتم دورة كاملة في زمن مقداره سنة و متوسط نصف قطر مدارها حول الشمس نحو ٩٣ مليون ميل .

ومع اننا لانشعر شعورا مباشرا بحركتها هاتين الا أننا نستطيع دائما تحقيقهما وقياسهما بما ينشأ عنهما من حركات ظاهريه لأجسام نائية كالشمس والنجوم التي تبدو متحركة في الاتجاه المضاد وبسرعة تساوى سرعة الأرض كما تبدو الاشجار واعمدة التلغراف والقرى لراكب في قطار متحركة بنفس سرعة القطار وفي الاتجاه المضاد لاتجاه حركته . ومن ثم ينشأ عن حركة الأرض حول نفسها ظاهرة الليل والنهار دائبين و شروق الشمس والقمر والنجوم دائما من جهة المشرق وارتفاعها في السماء حتى تبلغ أوج ارتفاعاتها عندما تعبر خط الزوال ثم انحدارها بعد ذلك الى أن تغيب تحت الافق ناحية المغرب . وينشأ عن حركة الأرض الثانية حول الشمس ظاهرة الفصول الفلكية وسنتكلم عنها بالتفصيل فيما بعد .

وبستطيع راسد السماء أن يتبين الحركة اليومية للأجرام السماوية بوضوح تام ولو أنه ثبت آله فتوغرافية في اتجاه النجم القطبي تماما وعرض لوحا فتوغرافيا لضوء النجوم القريبه منه مدة من الزمن لوجد أن كل نجم منها يرسم على اللوح الفتوغرافي مسارادائريا يقصر أو يطول حسب قرابه أو بعده من القطبيه التي تمثل المركز لهذه الأقواس .

ولكن من أين لنا أن هذه الحركة اليومية للنجوم وكأنها مثبتة على بسيط الكره السماوية ليست حركة حقيقية؟ وأن الأرض ثابتة وأنها مركز السكون؟



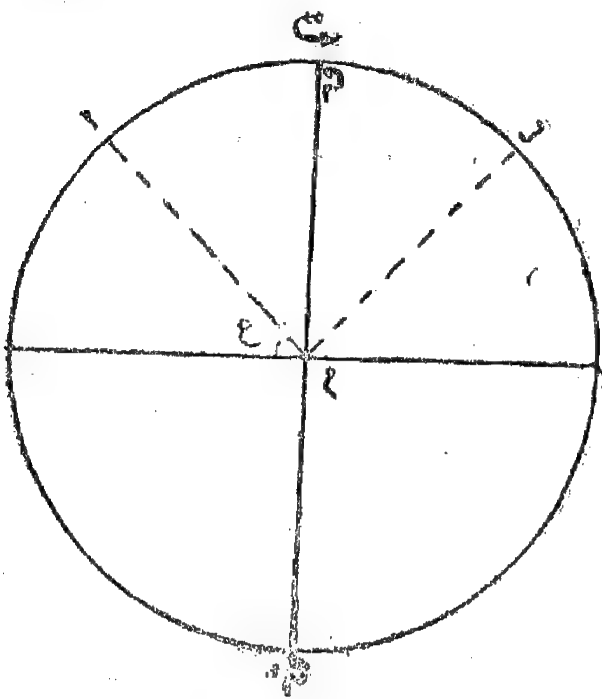
هذا هو ما ذهب اليه الأقدمون عندما أعوزهم الدليل العلمى على دوران الأرض . ولو أننا اخذنا بنظرية ثبوت الأرض ودوران الكره السماوية وما عليها من الأجرام فوق رؤسنا لتعين علينا افتراض تحرك النجوم جميعها حركة واحدة كما لو كانت جسما متماسكا وهو أمر بعيد الاحتمال . أما افتراض دوران الأرض وحدها بما ينشأ عنه هذه الحركة الواحدة لهذا العدد الكبير من الأجرام السماوية المتفرقة فى الفضاء السماوى فهو الأرجح احتمالا

ولم يكن ثمة دليل علمى قاطع بصحة أحد الاحتمالين دون الآخر حتى منتصف القرن التاسع عشر حيث قام العالم الفرنسى (فوكو) بتجربته المشهورة التى اثبت بها دوران الأرض حول نفسها مرة فى اليوم بما ينشأ عنه الحركة اليومية للأجرام السماوية المعروفة .

تجربة فوكو : علق فوكو بندولا عظيما فى سقف مقبرة العظاماء (بنتيون) بباريس ويتكون هذا البندول من كرة ثقيله من النحاس فى آخرها سن مديبه مدلاة فى نهاية سلك معدنى طويل لكي تكون الذبذبة بطيئه ولتقليل تأثير قوى الاحتكاك بالهواء فى اضعاف الذبذبة . ثم وضع طبقه رقيقه من الرمل تحت البندول . ثم جعل البندول يتذبذب فرسم السن فى بادى الأمر خطا صغيرا على الرمل مبينا اتجاه مستوى ذبذبة البندول . وبعد فترة من الزمن لاحظ (فوكو) ان هذا الاتجاه - كما يدل عليه أثر السن المدبب على الرمل - يتغير باستمرار وفى اتجاه معين هو اتجاه عقرب الساعة . ولما لم يكن هناك قوى أخرى قد ينشأ عنها هذا التغير فى اتجاه ذبذبة البندول استنتج أن هذا التغير فى اتجاه ذبذبة البندول ناشئ عن دوران الأرض ومن فوقها الرمل فى الفضاء من الغرب الى الشرق .

وقد وجد (فو كو) ان مستوى الذبذبة يتغير بمعدل  $٣٦٠^\circ$  في ٣٢ ساعة في مدينة باريس . ولو أن هذه التجربة أجريت عند القطب الشمالي فإن اتجاه الذبذبة يتغير بمعدل  $٣٦٠^\circ$  في ٢٤ ساعة ولو أنها أجريت عند أى مكان على خط الاستواء وجدنا البندول يتذبذب في مستوى خط الزوال فإن اتجاهه يظل ثابتا لا يتغير وذلك لأن مستوى الذبذبة في هذه الحالة يكون موازيا لاتجاه محور الأرض الثابت الاتجاه

ومن الواضح ان معدل تغير اتجاه مستوى ذبذبة البندول يختلف باختلاف خط عرض المكان الذي يختار لأجراء هذه التجربة . ذلك لاننا لو فرضنا ان هذا المكان هو نقطة ٢ من سطح الأرض (شكل ١٥) وان خط عرضه = ع وان سرعة دوران الأرض حول محورها = س = س<sub>هـ</sub> فإنه بتحليل هذه السرعة — حسب قوانين الحركة — حول الاتجاهين



( شكل ١٥ )

ط = النسبة التقريبية

المتعامدين ١ م ٢ م نجد أن  
السرعة حول الاتجاه الأول ١ م =  
س جتا ١ م = س حاع

وهذه المركبة هي وحدها التي تؤثر في اتجاه ذبذبة البندول . أما المركبة الأخرى فتأثيرها عليه في نقطة ٢ من سطح الأرض يكون كما لو كانت ١ على خط الاستواء

ويقدر الزمن ز الذي يلزم

لتغيير اتجاه ذبذبة البندول  $٣٦٠^\circ$

$$\text{بمقدار} \quad ز = \frac{٣٦٠^\circ}{س حاع}$$

وبما أن  $\frac{٢}{س} = ٢٤$  ساعة نجد أن الزمن الذي يلزم لتغيير اتجاه

ذبذبة البندول دورة كاملة  $= \frac{٢٤}{٢}$  ساعة

وبالتعويض في هذه المعادلة بقيمة ع نحصل على الزمن الذي يستغرقه تغيير اتجاه ذبذبة البندول في اى مكان على سطح الأرض بمقدار ٣٦٠° ويقدر هذا الزمن للمدينة القاهرة بنحو ٤٨ ساعة.

ومن البديهي أنه لا يمكن ترك البندول يتذبذب طيلة هذه المدة نظراً لأن قوى الاحتكاك تعمل باستمرار على أضعاف الذبذبة ولـكنه يكفي لتحقيق هذا التغيير تركه يتذبذب مدة أقصر ثم استنباط مدة الدوران أثناء الدورة الكاملة من التغير الذي يبينه أثناء هذه الفترة.

ومن البراهين الأخرى على دوران الأرض حول نفسها أننا لو تركنا جسماً يسقط الى الأرض من أعلى برج مرتفع فإن النقطة التى يلامس فيها سطح الأرض تكون منحرفة قليلاً إلى ناحية الشرق عن النقطة التى تقع رأسياً تحت النقطة التى أسقط منها فى أعلى البرج، مما يدل على أن سرعة النقطة الأخيرة فى الفضاء - وهى سرعة الجسم نفسه عند تسرّكه يسقط - أكبر من سرعة النقطة التى تقع رأسياً تحتها . ونلاحظ فضلاً عن ذلك أن مقدار الانحراف - وهو الناشئ عن اختلاف سرعتين - يزيد بازدياد ارتفاع البرج . فلو أن الأرض غير متحركة لكانت النقطة التى يلامس الجسم فيها سطح الأرض هى النقطة التى تقع رأسياً تحت النقطة التى أسقط منها فى أعلى البرج

من هذا يتضح ان الأرض هى التى تدور حول محورها من الغرب الى

الشرق وان الحركة اليومية للشمس والقمر والنجوم ماهى الا نتيجة  
لحركة الأرض هذه وهى التى تنشأ عنها أيضا ظاهرة اختلاف الليل والنهار  
دائمين .

\*\*\*\*\*

الهواء - ويحيط بالأرض غلاف رقيق من الهواء . يبلغ سمكه حوالى ١٢٠ ميلا  
وتقل كثافته تدريجيا مع الارتفاع . فالهواء القريب من سطح الأرض  
يتكون من غاز الأزوت بنسبة ٧٨٪ ، والأكسجين بنسبة ٢١٪ ، وغازات  
الارجون وثانى أكسيد الكربون والايديروجين والهليوم وغيرها  
بنسبة ١٪ ، وتبقى هذه النسب ثابتة بفعل التيارات الرئيسية  
وما تستهلكه الحياة الحيوانية من الأكسجين يعوضه ما تفرزه النباتات  
التي تمتص ثانى أكسيد الكربون وتفرز الأكسجين فى عملية التمثيل  
الضوئى . أما فى الطبقات العليا فيتكون الهواء من الغازات الأخف  
وزنا كالايديروجين والهليوم .

ويوجد على ارتفاع ٢٠ ميلا طبقة من غاز الأوزون تمتص الأشعة  
ذات الموجة القصيرة فى المنطقة التى فوق البنفسجى من أشعة الشمس .  
ولو كانت كثافة الهواء فى جميع الطبقات تساوى كثافته عند سطح  
الأرض ، لبلغ سمك الغلاف الهوائى كاه خمسة أميال فقط .

وتقل درجة الحرارة كلما ارتفعنا عن مستوى سطح البحر ، لأن  
الأرض تشع الحرارة التى تمتصها من الشمس ، فيسخن الهواء الملاصق  
لسطح الأرض ، ويتمدد فيخف وزنه ويندفع فى الطبقات العليا  
وتهبط درجة حرارته . وثلاثة أرباع الوزن الكلى للهواء تقع فى الطبقة  
القريبة من سطح الأرض والتى لا يتجاوز سمكها سبعة أميال ، وتتكون

السحب عادة على ارتفاعات أقصاها ستة أميال

ويحتوى الهواء عدا العناصر سالفة الذكر على بخار الماء الذى يختلف كميته باختلاف درجة الحرارة ، وهو عامل مهم من عوامل تغير الطقس .  
ومما يلاحظ أن كثافة بخار الماء أقل من كثافة الهواء الذى يبلغ وزن المتر المكعب منه ١.٢٨ كيلو جرام عند درجة حرارة الصفر المئوى وضغط يعادل وزن ٧٥٠ ملليمتر من الزئبق . ويلعب بخار الماء دورا مهما فى حفظ التوازن بين ما تمتصه الأرض من حرارة أشعة الشمس وما تفقده بالتشعع من سطحها نحو الفضاء ، فيساهم فى هذه العملية ، ويرد أشعة الشمس نحو الفضاء عند ما يشتد القيظ نهارا كما يرد إلى الأرض ما تشعه من الحرارة عند الليل ، ولهذا نجد أن وجود السحب نهارا يخفف من حدة الحرارة فى الصيف ، ووجودها ليلا أثناء الشتاء يخفف من حدة البرد .  
والهواء لالون له ، وهو مرشح عظيم لمركبات الضوء التى تقع على أعيننا وإلى هذه الخاصية تعزى ظاهرة الشفق بدرجاته المختلفة وفتنته خصوصا فى مصر . ولو أننا صعدنا فى السماء إلى ما فوق الغلاف الهوائى لرأينا الشمس ككرة ساطعة الضوء فيه زرقاء ، تشرق وتغيب فى سماء خالصة الظلام .



أما باطن الأرض . فليست لدينا الأدلة المباشرة على ماهيته .  
والمناجم التى حفرت لاتعدو أن تكون خدوشا صغيرة فى القشرة الأرضية . وقد ثبت لدينا أن درجة الحرارة تزيد إلى الداخل بمعدل درجة مئوية واحدة لكل مائة متر تقريبا . ولا شك أن باطن الأرض

ساخن كما تدل عليه البراكين والينابيع الساخنة .

وتسجيل الزلازل والهزات الأرضية التي تقع بين آن وآخر في كثير من مرصد العالم ، يكفل لنا الوسيلة للتوسع في دراسة باطن الأرض ومعرفة ماهيته . وقد دلت الدراسات الطويلة للتسجيلات العديدة للزلازل على أن باطن الأرض يتكون من كرة ملتهبة مركزية يبلغ طول قطرها أربعة آلاف ميل تقريبا ، وكثافتها تعادل كثافة الحديد ، وأغلب الظن أنها تتكون من المعادن الثقيلة كالحديد والنيكل . ويعلو هذه الكرة طبقة من الصخور الثقيلة ، تبلغ كثافتها أربعة أمثال كثافة الماء ويعلو هذه الأخيرة طبقة من الصخور الأقل كثافة أهمها الجرانيت .

وفيما يلي نجمال أهم الحقائق العلمية المعروفة عن أرضنا :

الأول - الأرض كوكب سيار

الثاني - الأرض كرة طول قطرها ٧٩٢٠ ميلا ومحيطها ٢٤٨٨٠ ميلا ( وقد كانت هذه الحقيقة معروفة لقدماء المصريين واليونانيين )

الثالث - تدور الأرض حول نفسها مرة في كل ٢٤ ساعة من الغرب إلى الشرق .

الرابع - الأرض ليست كاملة التكور بل ينقص قطرها الواصل بين قطبيها عن قطرها الاستوائي بنحو ٢٧ ميل .

الخامس - تبلغ كثافة الأرض ٥ رده ووزنها  $6 \times 10^{21}$  طن .

السادس - تدور الأرض حول الشمس بسرعة تبلغ  $18\frac{1}{4}$  ميلا في الثانية ويتم مدارا كاملا في سنة .

السابع --- يحيط بالأرض غلاف رقيق من الهواء يقدر سمكه بنحو ١٢٠ ميلا وتقل كثافته تدريجيا كلما ارتفعنا عن سطح الأرض ويحتوى على الازوت بنسبة ٧٨ ٪ والاكسجين بنسبة ٢١ ٪ والباقي من غازات أخف .

الثامن - يحتوى الهواء عدا العناصر السالفة الذكر على بخار الماء الذى تختلف كميته باختلاف درجة الحرارة . وهو من أهم عوامل تغير الطقس وحفظ التوازن بين ما تمتصه الأرض من حرارة الشمس وما تفقده بالتشعع من سطحها نحو الفضاء .

التاسع - الهواء مرشح عظيم لمركبات الضوء التى تقع على أعيننا وإلى هذه الخاصية تعزى ظاهرة الشفق وزرقة السماء واصفرار الشمس والقمر عند الشروق والغروب .

العاشر - ليست لدينا الأدلة المباشرة على ماهية باطن الأرض ولكن من المحقق أن حرارة باطن الأرض شديدة وتزيد بمعدل درجة مئوية لكل مائة متر .

---

## القمر

دلت الأبحاث الكثيرة على أن القمر عالم ميت لا حياة فيه . فسطحه مكون من صحارى واسعة ليس فيها ما يدل على وجود الحياة من أى نوع . وقد انتشرت على الجزء الأكبر منه مرتفعات دائرية تبدو كأنها حافات فوهات براكين خامدة ، وهو ما يرجح أن تكونه بالفعل ، وعليه سلاسل جبال عظيمة لم تنل منها عوامل التعرية ( كالرياح والأمطار والثلوج ) ما نالته من قمم جبال أرضنا على كر السنين الطويلة .

وأشعة الشمس الساقطة عليه تجعل لهذه الجبال ظلالاً مسمنة تنفث على ماتحتها من صحارى ، وقد سميت هذه الجبال والصحارى بأسماء مختلفة الكثير منها لأعلام الفلاسكيين اعترافاً بفضلهم وتخليداً لذكراهم .

والقمر أقرب جيراننا فى الفضاء . تربطه بالأرض قوة الجاذبية كما تربطنا بها وأن اختلفت فى مظهرها ، وهو يبدو لنا أكبر الأجرام السماوية بعد الشمس ولكنه فى الحقيقة من أصغرها ، ولكنه بسبب قربه منا يبدو لنا كبيراً ، وقطره لا يتجاوز ٢١٦٠ ميلاً أى ما يعادل ربع قطر الأرض . ويبعد عن الأرض بنحو ٢٣٩.٠٠٠ ميلاً . ويرسم مساراً دائرياً حول الأرض فى  $27\frac{1}{3}$  يوم . ونظراً لصغر كتلته ، بالقياس إلى كتلة الأرض ، فقوة الجاذبية على سطحه تعادل سدس مقدار الجاذبية على سطح الأرض . وهذا يفسر لنا السبب فى أن القمر ليس له جو كجو الأرض . فالهواء الذى يحيط بنا يحتوى على ملايين الملايين من الجزيئات التى تحول بانطلاقات كبيرة تقدر بمئات الأمتار فى الثانية ، ولكن قبضة جاذبية الأرض القوية تحول دائماً دون أن تفلت هذه الجزيئات وتشتت هباء فى الفضاء



ويقدر الرياضيون أن أى جسم يستطيع أن يتخلص من قبضة الجاذبية على سطح الأرض إذا انطلق بسرعة لا تقل عن سبعة أميال فى الثانية، وعلى سطح القمر إذا بلغت السرعة ميل ونصف فى الثانية، وهكذا نرى أن الجاذبية على سطح القمر أضعف من أن تجعل القمر يحتفظ بجزيئات جوه - لو كان له جو - لأن سرعتها تزيد عن ذلك .

ولما كان القمر يواجه الأرض دائما بوجه واحد، ويدور حولها مرة كل شهر، استنتجنا أنه يدور حول نفسه فى الفضاء مرة فى كل شهر. ونتيجة لذلك تظل أية نقطة من سطحه تتأطل ب ضوء الشمس أسبوعين كاملين فتسخن إلى حد كبير حتى تصل درجة حرارتها إلى ما يقرب من ٤٠٠ درجة مئوية . فلو كان للقمر جو كجونا، لبلغت انطلاقات جزيئاته فى تلك الحرارة العالية مقداراً هائلاً يتجاوز فى كثير من الأحيان سرعة الانفلات ومقدارها ميل ونصف فى الثانية .

وقد اختبر المسويوليوت أخيراً نور القمر الذى هو كما نعلم ضوء الشمس منعكساً عليه بمقدار نته بضوء الشمس منعكساً على أنواع مختلفة من التربة والطين والطباشير والحجارة فوجد أنه يكاد يشبه ضوء الشمس المنعكس على الرماد البركاني مما يجعل من المرجح أن يكون سطح القمر مكوّناً منه .

ويعزز هذا الاحتمال شكل السطح الذى يشبه مجموعة كبيرة من البراكين الخامدة كالتى نراها على سطح الأرض. وفضلاً عن ذلك فإن من المعروف أن للرماد البركاني خاصة غريبة وهى أنه موصل رديء للحرارة كالحرير الصخرى

قلو أن سطحه مكون من الرماد البركاني فان الحرارة التي تصبها الشمس عليه لا تتوغل في داخله ولا يتعرض داخل القمر لنفس التغيرات العنيفة في درجة الحرارة التي يتعرض لها سطحه .

ولقد سجل اثنان من فلكيي مرصد مونت ولسون ، أخيرا التغيرات في درجة حرارة سطح القمر في أثناء الخسوف فوجدوا أنه عند دخوله في ظل الأرض - حيث يحبس عنه ضوء الشمس - هبطت درجة حرارته فجأة من  $90^{\circ}$  فوق الصفر المئوي إلى  $103^{\circ}$  درجة تحت الصفر المئوي في دقائق قليلة .

ويجب ألا ننسى أن مثل هذه الظاهرة نشعر بها عند كسوف الشمس ، إذ يبرد الطقس قليلا عندما يقطع القمر عنا أشعة الشمس ، غير أن الحرارة المخزونة في تربتنا وجونا تحول دون تغيير درجة الحرارة بمقدار كبير وبسرعة هائلة . مما يدل على أن سطح القمر ليس فيه مخزن من الحرارة كالذي في تربة الأرض . وهذا يعزز مرة أخرى الاحتمال بأن سطح القمر مكون من الرماد البركاني .

### حركة القمر الظاهرية

ان قليلا من الملاحظة تكفي للاستدلال على حركة القمر في السماء ففي أثناء ليلة قمرية نستطيع أن نلاحظ تحركه بالنسبة للنجوم إلى ناحية الشرق وهذه الحركة التقهقرية تدل عليها من جهة أخرى تأخر شروقها وغروبها على الأفق ليلة بعد أخرى . وحركة القمر هذه أكبر بكثير من حركة الشمس التي تكلمنا عنها . إذ بينما تقطع الشمس درجة واحدة تقريبا من مسارها في اليوم يقطع القمر من مسارها نحو  $13^{\circ}$  درجة .

وعندما يكون القمر والشمس في جهة واحدة بالنسبة للأرض أو بعجالة فلكية عندما يكون طولهما واحدا يكون القمر في المحاق وعندما يكون الفرق بين طوليهما  $180^\circ$  يكون القمر بدرا كاملا ويقال أن القمر في الاستقبال. وفي هاتين الحالتين تكون الشمس والأرض والقمر على خط واحد. وفي منتصف المسافة بين هذين الوضعين أي عندما يكون الفرق بين طوليهما  $90^\circ$  يقال أن القمر في الربع الأول. وعندما يكون الفرق بين طوليهما  $270^\circ$  يقال أن القمر في الربع الأخير. ومتوسط مدة دورة القمر بالنسبة لأحد النجوم الثابتة تساوي ٢٧ يوما و ٧ ساعات و ٤٣ دقيقة و ١١,٦ ثانية أو ما يعادل ٢٧ر٣٢١٦٦ يوما وتسمى بالدورة النجمية وتختلف من دورة إلى أخرى اختلافا يسيرا.

أما دورة القمر بالنسبة إلى الشمس فذات أهمية عظيمة بالنسبة إلينا وطولها يساوي الشهر القمري. ويمكن تعريفها بأنها الفترة الزمنية التي بين بدرين متتاليين.

والشهر القمري أطول من الدورة النجمية للقمر بسبب تحرك الشمس نفسها وسط النجوم ناحية الشرق. ومتوسط طوله ٢٩ يوما و ١٢ ساعة و ٤٤ دقيقة و ٢,٨٧ ثانية أو ما يعادل ٢٩,٥٣٠٥٩ يوما. وتختلف طولها على مرور الشهور بسبب قوى الجاذبية التي تقع على القمر من السيارات وتأثر مدارها.

وبما أن حركة القمر اليومية بالنسبة للشمس تعادل الفرق بين حركته اليومية بالنسبة لأحد النجوم الثابتة وحركة الشمس بالنسبة للنجم، وبما أن الحركة اليومية تناسب تناسباً عكسياً مع مدة الدورة التامة نستنتج العلاقة الآتية :

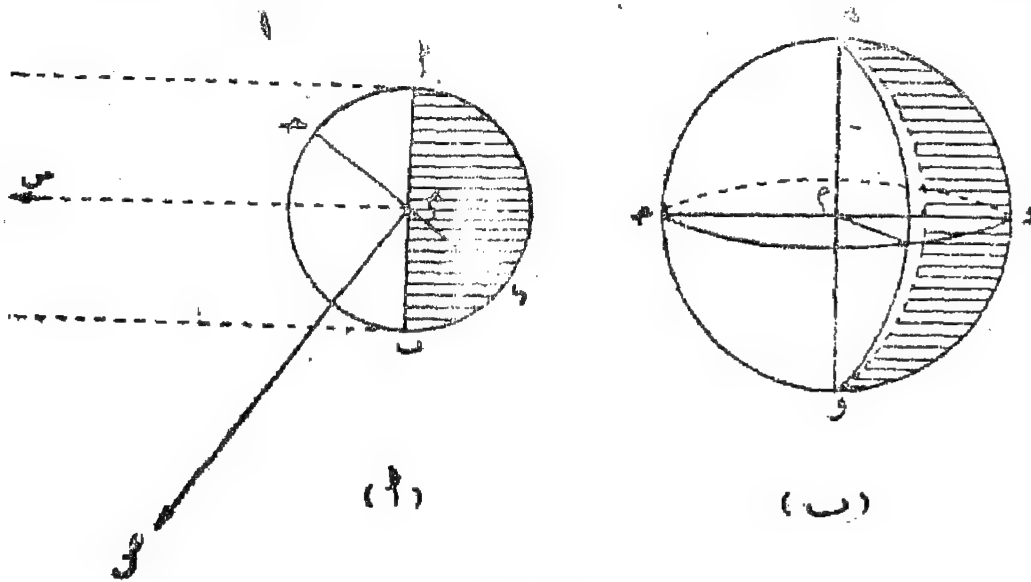
$$\frac{1}{\text{طول السنة النجمية}} + \frac{1}{\text{طول الشهر القمري}} = \frac{1}{\text{دورة القمر النجمية}}$$

وتدلنا مقاييس قطره الظاهري في اوقات مختلفه على أن بعده من الأرض ثابت تقريبا، فهو يصحب الأرض في سيرها في الفضاء حول الشمس فضلا عن حركته حول الأرض اثناء الشهر

### أوجه القمر

فلما أن القمر ليس جسما مضيئاً بذاته كالشمس أو النجوم ولا ينعكس الضوء الساقط عليه من الشمس، وهـكذا نراه كما نرى الخائط ليلا بضوء المصباح الكهر باني منعكسا عليه

وتختلف أوجهه باختلاف مساحة الجزء من نصفه المضيء الذي نستطيع ان نراه ويتغير مقدارها بتغير الأوضاع النسبية لكل من القمر والشمس والأرض



(شكل ١٦)

فلو فرضنا أن ا ح ب د (شكل ١٦) مقطعا في القمر في المستوى الذي يحتوي كلا من الشمس والأرض وأن م مركز القمر وأن م ص هـ م س اتجاهي الأرض والشمس على التوالي في وقت ما، ولو فرضنا أن ا ب عموديا

على صم صه ، فإن نصف الكرة من القمر التي مقطوعها ح ب تضيئه أشعة الشمس ، بينما يظل النصف الآخر ا ب و معتما

ويواجه الأرض من سطح القمر نصف الكرة ح ب و باعتبار أن ح و عموديا على صم صه . ولذا يظهر لنا منه الجزء ح و ب مضيقا والباقي ب و معتما ، والآن لو فرضنا الدائرة ( شكل ١٦ ب ) ه و ح تمثل نصف الكرة من القمر المواجه للأرض ب صم مركزها فإن ه ب و يمثل الحد الفاصل بين الجزء المضيء من هذا السطح والجزء المعتم ، مسقطه على المستوى ه و ح العمودي على الخط البصري عبارة عن نصف القطاع الأهليبيجي ه ب و

وعليه فالجزء المضيء من سطح القمر في هذا الوضع هو مجموع مساحتي نصف الدائرة ه ح و ونصف القطاع الأهليبيجي . وكلما اقتربت ب من و يزيد مساحة الجزء المضيء من القمر . ويكون بدرا عندما تنطبق و على ب ومعتما عندما تنطبق ح على ب . وبعبارة أخرى يزيد مساحة الجزء المضيء من القمر كلما صغرت الزاوية صه صم صه

وهكذا نرى أن مساحة هذا الجزء المضيء تتوقف على مقدار الزاوية التي بين الشمس والقمر عند الأرض

ويولد القمر في اللحظة التي يكون فيها الفرق بين خطي طول الشمس والقمر صفرا أى عندما يكونان في ناحية واحدة من الأرض . وبحسب عمره بالأيام ابتداء من هذه اللحظة

ومن السهل أن نرى أنه لو كان بالقمر أناس مثلنا لرأوا أرضنا تتشكل بأشكال كأوجه القمر ، وليكنها عكسيه ، أى انه عندما يكون القمر بدرا بالنسبة لسكان الأرض تكون الأرض محاقا بالنسبة لسكان القمر وهكذا .

### مدار القمر

إن حركة القمر بالنسبة للأرض أكثر تعقيدا من حركة الشمس. ويمكننا أن نستنتج من اختلاف قطر القمر في أوقات مختلفة أن بعده عنا غير ثابت تماما وأن مداره حول الأرض ليس دائرة تامة بل قطاعا ناقصا (بيضى الشكل) كمدار الأرض حول الشمس

ولقد وجد أن الاختلاف المركزى في مداره أكبر منه في مدار الأرض بكثير إذ يبلغ  $\frac{1}{4}$  تقريبا. وهذا يفسر لنا لأول وهلة حركته غير المنتظمة ويميل مستوى مدار القمر على مستوى الدائره الكسوفيه بمقدار  $3^\circ 4' 50''$  وقد عرف من قديم الزمن أن مستوى مدار القمر غير ثابت في الفضاء، وأن نقطتى تقاطعه مع الدائره الكسوفيه (وتسميان بالعقدتين) تتحركان في هذه الدائره وتتناول دورة كاملة بالنسبة للنجوم الثابتة في  $\frac{1}{2}$  سنة. ووجد أيضا أن ميله على الدائره الكسوفيه غير ثابت.

## الباب الرابع ظواهر فلكية

حركة الشمس الظاهرية - تقهقر الاعتدالين - اختلاف طول الليل والنهار  
الفصول الفلكية . كسوف الشمس وخسوف القمر . المد والجزر . الشفق

...

نتكلم هنا عن بعض الظواهر الفلكية التي تنشأ عن حركة النيرين  
الشمس والقمر بالنسبة للأرض لأهميتها الخاصة في حياتنا .

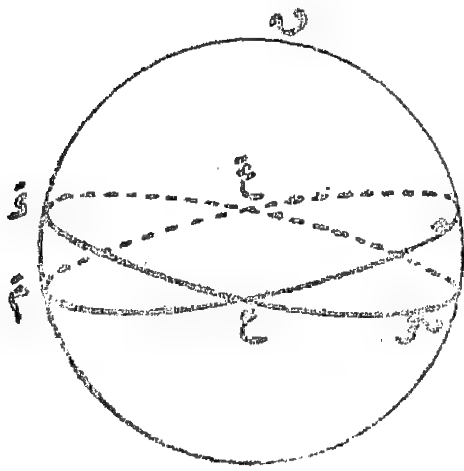
### حركة الشمس الظاهرية

عرفنا في الباب الاول الدائرة الكسوفية بأنها المسار الظاهري للشمس  
وسط النجوم أثناء السنة . وقلنا أن هذا المسار عبارة عن دائرة عظمى  
تميل على دائرة المعدل بزاوية معلومة مقدارها  $23\frac{1}{2}^{\circ}$  تسمى الميل الأعظم .  
وان هذه الدائرة تتقاطع مع دائرة المعدل في نقطتين هما نقطتا الاعتدال  
الربيعي والاعتدال الخريفي . أما النقطة التي تبلغ الشمس فيها أقصى  
ميلها في نصف الكرة الشمالي فتسمى المنقلب الصيفي والتي تبلغ الشمس فيها  
أدنى ميلها في نصف الكرة الجنوبي فتسمى المنقلب الشتوي . وتكون  
الشمس في النقطة الاولى في ٢١ مارس وفي الثانية في ٢٣ سبتمبر وفي الثالثة  
في ٢١ يونية وفي الرابعة في ٢٢ ديسمبر من كل عام .

ولقد قسم الفلكيون منذ أقدم العصور النجوم التي ترى حول الدائرة

الكسوفية الى اثنتى عشر مجموعة أسموها البروج وهى الحمل والشور والجوزاء  
والسرطان والأسد والسنبلة والميزان والعقرب والقوس والجدي  
والدلو والحوت. فيقال أن الشمس فى هذا اليوم فى الميزان وستدخل فى يوم  
كذا برج العقرب . ولكن يجب أن لا ننسى أن حركة الشمس هذه وسط  
البروج ليست سوى حركة ظاهرية نشأت عن دوران الأرض نفسها حول  
الشمس كأخواتها السيارات الأخرى . وعلى ذلك فإنه عندما يقال أن  
الشمس فى الحمل مثلا تكون الأرض فى برج الميزان وهكذا

ونظر الدوران الأرض حول نفسها  
من الغرب الى الشرق تبدو الشمس ترسم  
فى كل يوم دائرة عمودية على محور العالم،  
ولما كان ميلها على دائرة المعدل وبالتالى  
ارتفاعها فوق الافق دائب التغير نجد  
أن المنحنى الذى ترسمه على سطح الكرة  
السموية فى يوم واحد ليس دائرة صحيحة



( شكل ١٧ )

بل منحن غير مغلق كطية من طيات منحن حلزوني وهكذا فى كل يوم .

### تقهقر الاعتدالين

تدلنا خرائط النجوم العتيقة الموروثة سواء عن المصريين أو الصينيين  
أو الكلدانيين أن منظر السماء وما عليها من مجموعات عديدة من النجوم هو بعينه  
الذى نراه اليوم . ولو أن أجدادنا هؤلاء يحدثوننا فى ما وصل اليه من  
وثائقهم التاريخية على أن هذه المجموعات كلها لم تسكن تدور منذ خمسة آلاف  
سنة حول هذا النجم الذى فى طرف كوكبه الدب الاصغر وانما حول نجم  
آخر من كوكبه الثنين .



ولقد كان هباركس أول من اكتشف هذه الظاهرة الغريبة ثم فسرها  
الاستاذ العلامة نيوتن بعد ذلك بقرون عديدة على أساس نظرية  
الجاذبية .

وجد هباركس أن القطب السماوى غير ثابت فى الفضاء ، بل يدور فى  
حركة تقهقرية حول قطب الدائرة الكسوفية فيتم دائرة نصف قطرها  
 $1^\circ 23'$  فى نحو ٢٥٨٠٠ سنة ، بمعدل ٢.٥ فى السنة الواحدة ، وينشأ عن  
ذلك تحرك نقطتى الاعتدالين غربا فتتغير تبعاً لذلك أحداثيات  
النجوم الثابتة .

أما تفسير نيوتن لهذه الظاهرة فهو أن الأرض ليست كاملة التكوّر ولذلك  
كان تأثير جاذبية الشمس والقمر عليها بحيث يجعل محورها يتمايل فى الفضاء  
السماوى ، ويدور قطب العالم ببطء وتؤده حول قطب الدائرة الكسوفية ، فكأن  
الأرض أشبه بشيء بنحلة دوارة عظيمة معلقة فى الفضاء تدور تحت تأثير عامل ما يغير  
اتجاه محور دورانها على الدوام .

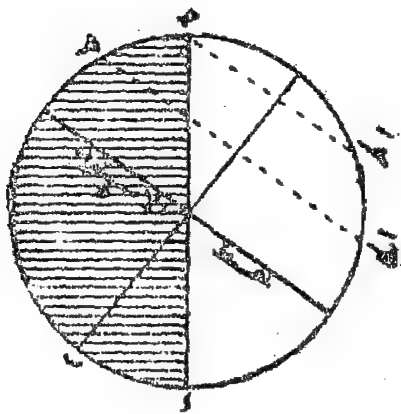
وليس أدل على هذه الظاهرة من التغير المحسوس فى أحداثيات النجوم  
مطالعها المستقيمة وميولها منذ عهد هباركس وتقهر نقطة الاعتدالين منذ  
ذلك الحين من برج الحمل الى برج الحوت .

ولا يتسع المقام هنا للافاضة فى هذا الموضوع ولـكن ما ذكر يكفى  
لتوضيح كيف أن النجم القطبى الذى تدور حوله النجوم لم يكن هو نفس النجم  
الذى كانت تدور حوله منذ آلاف السنين ، وأنه لن يظل فى موقعه هذا من  
الفضاء عند القطب السماوى على مر الدهور الطويلة بل سيبتعد عنه  
تدريجياً إلى أن يكون ثمة نجم آخر يقع عند القطب ولو أن ترتيب النجوم  
بالنسبة لبعضها البعض سيظل على حاله .

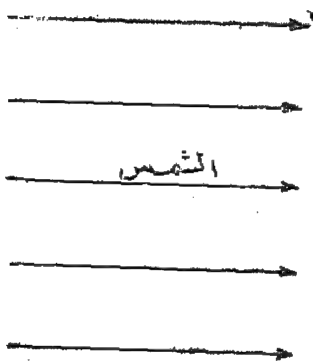
## اختلاف طول الليل والنهار

عند كلامنا على الحركة اليومية للأجرام السماوية . قلنا إن هذه الحركة ظاهرية فحسب . منشؤها دوران الأرض نفسها حول محورها . وقلنا أيضا إنه بسبب هذه الحركة تنشأ ظاهرة الليل والنهار .

ومن المعروف أن أطوال الليل والنهار تختلف في اليوم الواحد باختلاف مكان الراصد من سطح الأرض كما تختلف في المكان الواحد من يوم إلى يوم . ومنشأ هذه الظاهرة ميل محور الأرض بالنسبة لمستوى مدارها حول الشمس المسجى بالدائرة الكسوفية . فلو كان هذا المحور عموديا على الدائرة الكسوفية -



كما يحدث عند الاعتدالين  
لوجدنا أن أشعة الشمس  
تقع عمودية على جميع  
النقط من محيط خط  
الاستواء ولا تكون  
عمودية في غيرها في أى  
يوم من أيام السنة . ونتيجة



(أ)

(ب)

(شكل ١٨)

لذلك يتساوى الليل  
والنهار طولاً في جميع أنحاء  
الكرة الأرضية ويبلغ  
اثنتي عشرة ساعة لكل  
منهما . وكذلك تتساوى  
كمية الحرارة التي تستمد

من الشمس في جميع نقط دائرة خط العرض الواحد في اليوم الواحد على مرور الايام بفرض أن بعد الارض من الشمس يظل ثابتا .

ولكن الواقع أن محور الارض ليس عموديا على الدائرة الكسوفية إلا عند الاعتدالين و ( الشكل ١١٨ ) يمثل اتجاه أشعة الشمس بالنسبة للأرض أثناء صيف المناطق التي تقع شمالى خط الاستواء . وبما أن أى نقطة مثل ه ترسم في الفضاء بسبب دوران الأرض حول محورها ب دائرة خط العرض الواقعة عليها هـ ، نجد أن هذه النقطة من نصف الكرة الشمالى تمكث في نصف الكرة حـ هـ الذى تضيئه أشعة الشمس زمنا أطول مما تمكثه في النصف المظلم حـ بـ ولهذا يكون نهار مثل هذه النقطة أطول من ليالها . فتشرق الشمس فيها عندئذ قبل الساعة السادسة صباحا وتغرب بعد الساعة السادسة مساء بالنسبة لوقتها المحلى . ويزيد طول اليوم تدريجيا كلما اقتربنا من القطب الشمالى حتى تصل الى دائرة خط عرض معين حـ حـ تستمر مع دوران الأرض حول نفسها داخل الكرة المضاء بأشعة الشمس . فيكون على جميع بقاعها نهار غير منقطع . وفي منتصف الصيف نجد أن هذه الدائرة من دوائر خط العرض تبعد عن القطب الشمالى بزاوية قدرها  $23\frac{1}{2}^{\circ}$  . أو بعبارة أخرى فإن عرضها يساوى  $66\frac{1}{2}^{\circ}$  شمالى خط الاستواء وتكون الشمس في ذلك اليوم عمودية على مدار السرطان ( خط عرض  $23\frac{1}{2}^{\circ}$  شمالا )

ومن الواضح أن النهار يكون غير منقطع شمال خط  $66\frac{1}{2}^{\circ}$  قبل وبعد ذلك اليوم فعند خط عرض  $66\frac{1}{2}^{\circ}$  تستمر الشمس فوق الافق مدة ٢٤ ساعة في السنة

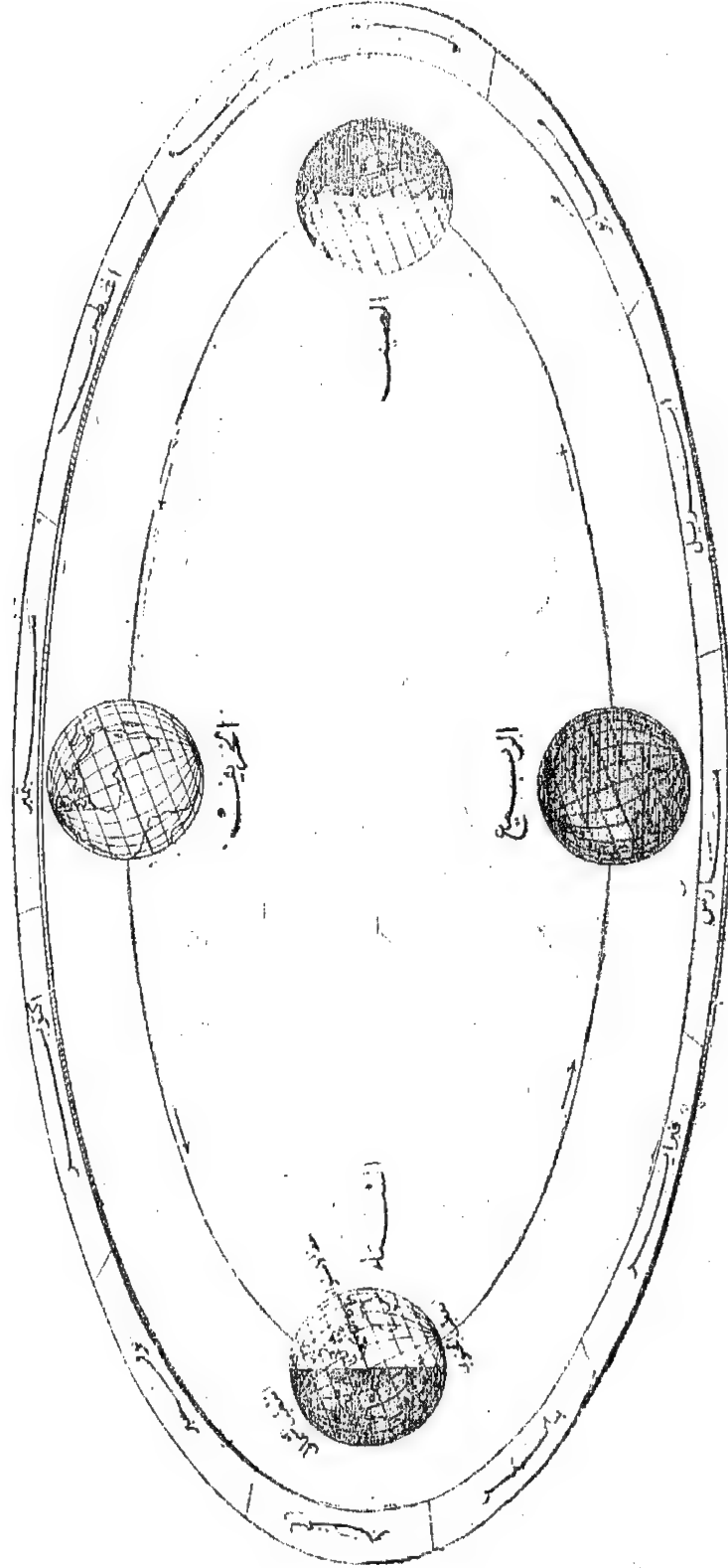
وعلى	٦٧ $\frac{1}{2}$	•	•	•	•	•	•	شهر
•	•	•	•	•	•	•	•	شهرين
وعند القطب تماما	•	•	•	•	•	•	•	سنة

وكذلك يستمر الليل دون انقطاع في هذه البقاع مددا متساوية كالمبين آنفا، إلا أن الشفق الطويل المدى والقمر الذي لا يكاد يغيب عن آفاقها فيما بين الربع الأول والاخير اثناء شهرى ديسمبر ويناير كلاهما يخفف من حدة الظلام في هذه المناطق في تلك الاوقات .

ومن السهل بعد ذلك أن نتبين من الشكل ( ١٨ ب ) أن مثل هذا يحدث أيضاً في المناطق الجنوبية فيطول النهار فيها أو يقصر حسب مقدار ميل أشعة الشمس . وعند منتصف صيفها ( ٢٢ ديسمبر ) تتعامد الأشعة على مدار الجدى (  $23\frac{1}{2}^{\circ}$  جنوباً ) فلا تغيب الشمس عن آفاق البقاع التي على خط  $66\frac{1}{2}^{\circ}$  جنوبى خط الاستواء في هذا اليوم فقط . أما جنوبى هذا الخط فيكون فيها نهار متصل قبل وبعد هذا اليوم أياما يطول عددها أو يقصر حسب قربها أو بعدها من القطب الجنوبى وبطريقة مشابهة تماماً لما يحدث في نصف الكرة الشمالى التى ذكرناها آنفا .

---

فضول التفتيش



(شكل ١٩)

## الفصول الفلكية

يمثل الشكل ( ١٩ ) مواقع الارض بالنسبة للشمس أثناء مسارها في الدائرة الكسوفية ويبين اتجاه ميل محور الارض في الفضاء وبالنسبة للشمس التي تقع في وسط المدار تقريبا .

وفي ٢١ مارس من كل عام تكون الشمس في نقطة الاعتدال الربيعي وفي ٢١ يونيو تكون الشمس في الانقلاب الصيفي وفي ٢٣ سبتمبر تكون في الاعتدال الخريفي وفي ٢٢ ديسمبر تكون في الانقلاب الشتوي .

ففي الحالة الاولى تكون الشمس في برج الحمل وتكون الارض في الموضع من الفضاء المقابل له أي في برج الميزان وفي هذا اليوم تكون الشمس على دائرة المعدل وأشعتها عمودية على جميع نقط محيط خط الاستواء ويتساوى الليل والنهار في جميع أجزاء المعمورة .

وفي أثناء حركة الارض في الفضاء حول الشمس يظل اتجاه محورها ثابتا لا يتغير ، ولذلك نجد أنه على تعاقب شهور السنة حيث تدخل الشمس بعد ذلك برجى الثور والجوزاء على التعاقب يزبد ميل الشمس تدريجيا ( شكل ١٧ ١٨٦ ) وبالتالي ارتفاعها فوق أفاق المناطق الشمالية ويصير القطب الشمالى مائلا نحو الشمس فتتعامد الاشعة على بعض دوائر خطوط العرض في نصف الكرة الشمالى ويزيد طول النهار وينقص طول الليل تدريجيا إلى أن تدخل الشمس في برج السرطان . وفي ٢٢ يونيو تقع اشعتها عمودية على مدار السرطان ( ٢٣° شمالا ) ، فتبلغ عندئذ أقصى ارتفاعها فوق أفاق المناطق الشمالية من سطح الارض ، ويبلغ النهار أقصى طوله والليل أقصره في هذه المناطق كما أسلفنا

في هذا الوقت يكون منتصف الشتاء بالنسبة لسكان نصف الكرة الجنوبي (شكل ١٨ ب) حيث تكون أشعة الشمس أبعد ما يكون عن التعامد على السطح وهو عامل له أهمية القصوى في تحديد الفصول الفلكية كما سنرى فيما بعد.

وفي الشهور التالية يولييه وأغسطس وسبتمبر تمر الشمس في بروج السرطان والاسد والسنبلة تباعا ويميل القطب الشمالي تدريجيا إلى الناحية الأخرى وينقص ميل الشمس تدريجيا إلى دائرة المعدل وكذا تقل ارتفاعاتها على آفاق المناطق الشمالية يوما بعد يوم حتى ٢٣ سبتمبر. في هذا اليوم تكون الشمس مرة أخرى على دائرة المعدل ويتساوى الليل والنهار طولا في جميع أنحاء المعمورة إذ تقع الأشعة عمودية على محيط خط الاستواء.

ومن ثم يستمر ميل الشمس وارتفاعاتها فوق آفاق المناطق الشمالية في التناقص تدريجيا أثناء مرورها في بروج الميزان والمقرب والقوس أثناء شهور أكتوبر ونوفمبر وديسمبر حتى يبلغا حدودهما الدنيا في ٢٢ ديسمبر وفي هذا اليوم يكون الليل أطوله والنهار أقصره في جميع بقاع نصف الكرة الشمالي، والعكس بالنسبة لنصف الكرة الجنوبي.

ومن ذلك الوقت يبدأ ميل الشمس وارتفاعاتها فوق آفاق الاقطار الشمالية في الزيادة بالتدرج وتمر ببروج الجدى والدلو والحوت على التتابع أثناء شهور يناير وفبراير ومارس حتى تصبح عمودية على خط الاستواء عندما تصل إلى منطقة الاعتدال الربيعي مرة أخرى في ٢١ مارس.

أما العوامل الرئيسية التي تؤثر في تحديد مقدار تأثير نقطة من سطح الأرض بحرارة الشمس فهي

- أولا — المسافة التي بين الأرض والشمس في أى وقت
- ثانيا — ميل أشعة الشمس على السطح حينئذ
- ثالثا — طول الفترة التي يتعرض في أثناءها السطح لحرارة الشمس أى طول النهار.

وتتكون الفصول الفلكية كنتيجة لتغير مقادير هذه العوامل مجتمعة على مدار السنة في جميع النقط من سطح الأرض

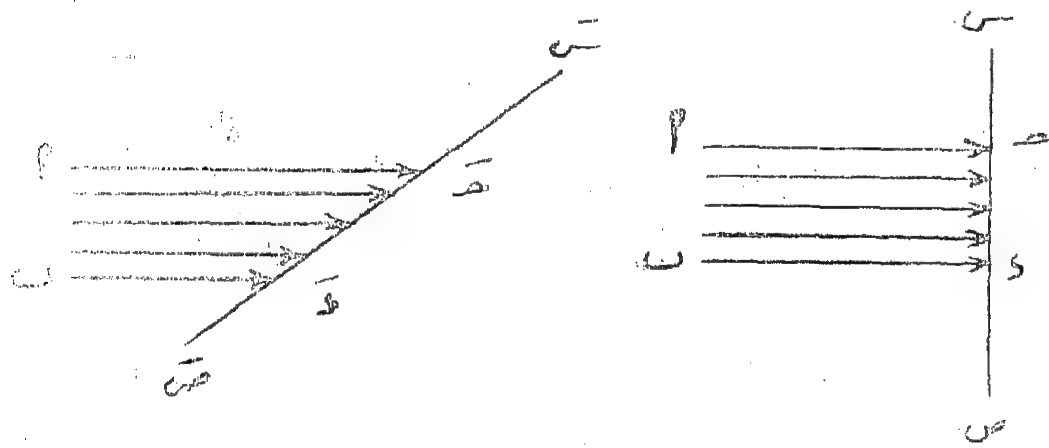
ولقد رأينا أنه كلما كانت أشعة الشمس أقرب الى التعامد على نقطة ما من سطح الأرض يزيد النهار طولا ، على حساب نقصان طول الليل وبالعكس كلما بعدت أشعة الشمس عن التعامد على السطح زاد الليل طولا على حساب النقص في طول النهار

أما تأثير عامل ميل الأشعة على السطح فله أهمية عظمى في تحديد الفصول الفلكية كما سنرى فيما بعد . وقبل أن نعالج تأثير العاملين الآخرين نستطيع التقارىء أن يتأمل الشكل (٢٠) ليدرك أهمية العامل الثانى

فالحرمة من الأشعة الحرارية أى التي تسقط عمودية على السطح من ص تؤثر فيه بمقدار أكبر مما لو كان السطح مائلا كما في الوضع س ص (شكل ٢٠ ب) فهي في الحالة الاولى تتوزع على مساحة أصغر عرضها ح و وفي الحالة الثانية تتوزع على مساحة أكبر عرضها ح و فمن الواضح أن



ما يخص وحدة المساحات في الحالة الاولى أكبر منه في الحالة الثانية ، وهكذا يكون تأثير الأشعة الحرارية على سطح ما أكبر ما يمكن إذا كان السطح عموديا على اتجاه الأشعة وأقل ما يمكن إذا كان موازيا له .



( شكل ٢٠ )

والآن نلاحظ أن الأرض عندما تكون أبعد ما يكون من الشمس تكون الأشعة أقرب ما يمكن إلى التعامد على السطح ، والنهار أطوله في نصف الكرة الشمالي ، وتلعب الثلاثة عوامل السالفة الذكر أدوارها المختلفة أما تأثيرها مجتمعة فاشتداد الحرارة نسبيا ووقوع فصل الصيف في المناطق الشمالية من سطح الأرض . ذلك لأن العامل الأول يحجبه تأثير العاملين الآخرين . ولما كانت النسبة بين الحدين الأعلى والأدنى لبعد الأرض من الشمس هي كنسبة ١٠٠ : ١٠٣ فكمية الحرارة التي تستمدتها الأرض فعلا أثناء شتاء المناطق الشمالية إلى كمية الحرارة التي تستمدتها منها أثناء صيف هذه المناطق هي كنسبة ( ١٠٠ : ١٠٣ ) ، أي أن الكمية الاولى أكبر من الثانية بنحو ٦ ٪ وذلك تطبيقا للقانون التربيعي العكسي المعروف . فهذه الزيادة الطفيفة في كمية الحرارة التي تستمدتها الأرض من الشمس في

هذا الموضع يحجب تأثيرها النسبي عاملا ميل الاشعة الساف الذ كر وكون  
نهار المناطق الشالية يكون فى هذه الحالة أطول من الليل . أضف الى ذلك  
أن الاشعة فى الشتاء تخترق مسافات من الطبقة الهوائية أطول نسبيا منها  
فى الصيف بسبب ميلها فيضعف ذلك من تأثيرها بمقادير تزيد فى الشتاء عنها  
فى الصيف

وقد يتبادر الى الذهن من التأمل فى شكل ( ١٩ ) أن متوسط درجة  
الحرارة لا يختلف فى الخريف عنه فى الشتاء كثيرا ، ولسكن الواقع أنه  
ولو أن كمية الحرارة التى تستمدّها نقطة ما من سطح الأرض أثناء هذين  
الفصلين تكاد تكون واحدة ، إلا أن ما تخزنه الأرض أثناء الصيف  
يجعل الخريف أدفأ من الشتاء

هذا العامل هو بعينه الذى يعزى اليه اختلاف درجة الحرارة أثناء  
اليوم الواحد . فلو تأملنا درجة الحرارة فى مكان ما أثناء يوم من الأيام  
لوجدنا أن اللحظة التى تصل فيها درجة الحرارة حدها الأعلى لا تطابق  
اللحظة التى يستمد فيها السطح عند هذا المكان أكبر كمية من حرارة  
الشمس وهى اللحظة التى تكون فيها الشمس على خط الزوال عند الظهر  
بل يقع ذلك حوالى الساعة الثالثة بعد الظهر صيفا ، وحوالى الساعة الثانية  
بعد الظهر شتاء . لأن أى نقطة من سطح الأرض تكتسب من حرارة  
الشمس منذ بدء طلوعها أكثر مما تشعه فى الفضاء فترتفع درجة الحرارة  
عندها تدريجيا حتى حوالى الساعة الثالثة بعد الظهر ، ثم تناقص تدريجيا الى  
اليوم التالى .

وتصل درجة الحرارة حدها الأدنى بوجه عام في المناطق الشمالية في شهر فبراير ، ومنذ ذلك الوقت حتى دخول الشمس في الانقلاب الصيفي تخزن الأرض من حرارة الشمس باستمرار ، ويتشبع المخزون تدريجياً حتى تصل الحرارة حدها الأعلى في شهر أغسطس . ونجد الصيف أشد حرارة من الربيع .

وبتطبيق قوانين كبلر نجد أن أطوال الفصول الفلكية غير متساوية الطول . والجدول الآتي يبين أطوالها للمناطق التي في نصف الكرة الشمالي

ساعة	يوم	
٢١	٩٢	الربيع - من الاعتدال الربيعي للمنقلب الصيفي
١٤	٩٣	الصيف - من الانقلاب الصيفي للاعتدال الخريفي
١٨	٨٩	الخريف - من الاعتدال الخريفي للمنقلب الشتوي
١	٨٩	الشتاء - من الانقلاب الشتوي للاعتدال الربيعي

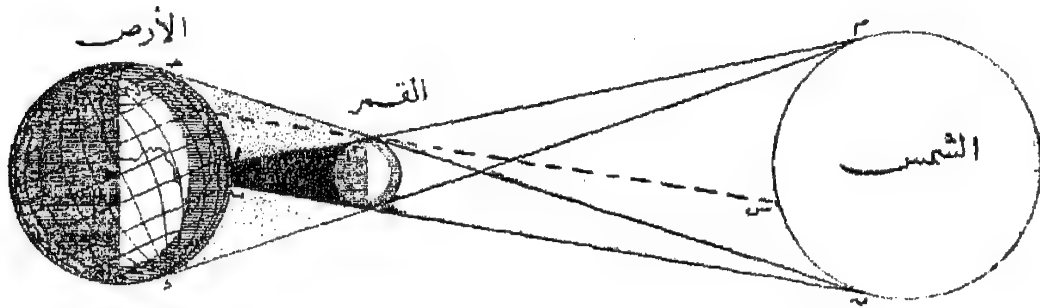
وبقابل صيف المناطق الشمالية شتاء المناطق الجنوبية ، وربيع الأولى خريف الثانية .

وأجمالاً لما ذكره نلاحظ أن العامل الأكبر في تكوين الفصول الفلكية هو ميل محور الأرض على الدائرة الكسوفية ، ولو كان مدار الأرض حول الشمس هو دائرة المعدل بدلاً من الدائرة الكسوفية لظل محور الأرض باستمرار عمودياً على مدارها ولصار اتجاه أشعة الشمس عمودياً على خط خط الاستواء ، وفي غيرها يكون ميل الأشعة في أي نقطة ثابتاً طول السنة ويتساوى الليل والنهار طولاً في جميع أنحاء الأرض وبصرف النظر عن اختلاف الحرارة بسبب اختلاف بعد الأرض من الشمس ، فإن ظاهرة الفصول الفلكية تتلاشى تماماً ، وهي من أهم الظواهر الرئيسية في حياة كل كائن حي على سطح الأرض .

## كسوف الشمس

يحتجب ضوء الشمس عنا عندما يكون القمر بيننا وبينها ، لأن القمر - كما رأينا - جسم معتم .

ولما كان القمر يدور حول الأرض مرة في كل شهر فلما أن نتوقع لأول وهله تكرار ظاهرة كسوف الشمس مرة في كل شهر ، وهو ما لا يحدث في الواقع ، ذلك لأن مستوى مدار القمر ( نرى أنه شكل ٢٢ ) يميل على مستوى الدائرة الكسوفية بنحو  $٥\frac{1}{2}^\circ$  ، ولذلك لا يكون القمر في المستوى الذي يحتوي الأرض والشمس في كل دورة . ونتيجة لذلك لا يقع الكسوف في كل مرة



( شكل ٢١ )

ويوضح الشكل ( ٢١ ) كيفية حدوث هذه الظاهرة عندما يتوسط القمر في اتبة داء الشهر القمري بين الشمس والأرض فيحجب ضوء الاولى عن الثانية فيما بين النقطتين ( ا ب ) من سطح الأرض حيث يقابل المماسان الخارجيان لسطحي الشمس والقمر سطح الأرض فلا ترى الشمس مطلقا في أية نقطة من مقطع المخروط لسطح الأرض عند ا ب إذ يحول دون ذلك وجود القمر في هذا الوضع

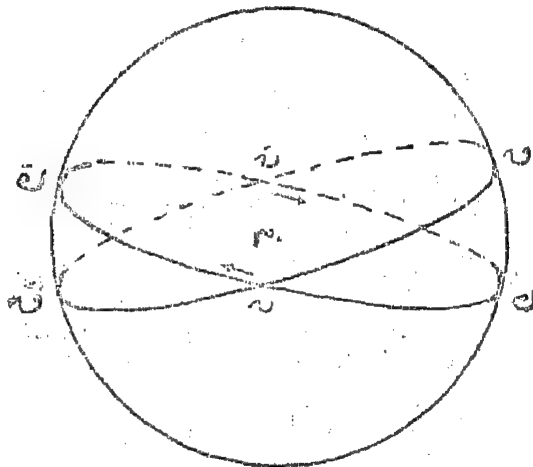
ويحد المماسان الداخليان م و ن ح المناطق الأخرى من سطح الأرض التي يكون احتجاب الشمس فيها جزئيا ، ففي النقطة هـ مثلا لا يحجب القمر سوى الجزء الأسفل من قرص الشمس هو امتداد هـ س

والمماسان الأساسيان في حدوث الكسوف الكلي للشمس في نقطة ما هما أولا - مقدار الزاوية التي بين حافتى القمر عند سطح الأرض بالنسبة الى مثلها بين حافتى الشمس والتي تقدر باثنتين وثلاثين دقيقة قوسية و بأكثر من ذلك قليلا للقمر .

ثانيا - وقوع مراكز الشمس والقمر والأرض على خط مستقيم .  
وتوفر الشرط الأخير غير ممكن في أوائل كل شهر قمرى للسبب الآنف الذكر .

ولما كانت الشمس تقطع الدائرة الكسوفية في  $365\frac{1}{4}$  يوما ، والقمر يقطع مداره حول الأرض بالنسبة للنجوم الثابتة في  $27\frac{1}{3}$  يوما ، نجد ان

الكسوف الكلي لا يحدث إلا عندما يكون كل من الشمس والقمر قربا من نقطتي تقاطع مدار القمر به و به و الدائر الكسوفية وهما المسميان العقدة تان ( شكل ٢٢ )



( شكل ٢٢ )

فلو فرضنا الأرض هي المركز وأن الشمس في نقطة ك من مدارها

والقمر في نقطة ق من مداره فان حدوث الكسوف مستحيل في هذه الحالة .  
إذ تبلغ الزاوية بين الشمس والقمر عند سطح الأرض م إذ ذاك  $٥٠^\circ$

وحركة القمر حول الأرض أكثر تعقيدا من حركة الشمس فمداره ليس دائريا تماما بل بيضيا كما يدل عليه تغير مقدار الزاوية التي بين حافته باستمراره ويبلغ الاختلاف المركزى لمداره  $١٠$  . وفضلا عن ذلك فان الشمس تؤثر عليه بالجاذبية ويتغير نتيجة لذلك شكل مداره . ولقد وجد ان العقدتين ن ، ن غير ثابتتين بل تتحركان على الدائرة الكسوفية حركة تقهقرية ، ( في اتجاه السهم ) بمعدل دوره كاملة في الدائرة الكسوفية كل ١٩ سنة تقريبا . وتتحرك الشمس بالنسبة للأرض م في الاتجاه ن ك ن وعلى ذلك فالزمن الذي يمضى بين عبورين متتاليين للشمس بإحدى العقدتين يساوى ٣٤٦٠٦٢ يوما وهذه الفترة تسمى السنة الكسوفية .

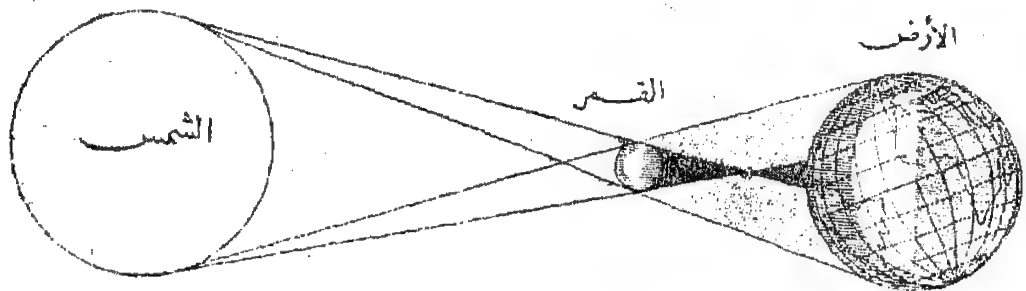
ولما كان طول الشهر القمري وهو مدة دورة القمر حول الأرض بالنسبة للشمس يساوى ٢٩.٥٣ يوما نجد أن ١٩ سنة كسوفية تحوى ٦٥٨٥٧٨ يوما وهو ما يعادل ٢٢٣ شهرا قمريا مقسما مدارها ٦٥٨٥٧٨ يوما تقريبا .

فلو فرضنا انه في ابتداء أحد الشهور القمرية كان كل من الشمس والقمر قريبا من إحدى العقدتين ن مثلا - فوقع كسوف الشمس فإنه بعد مضي ٦٥٨٥٧٨ يوما يكون القمر مرة أخرى في المحاق وتكون الشمس قريبة من نقطة ن فيحدث كسوف آخر للشمس .

وتسمى الفترة الزمنية السالفة الذكر والتي تساوى ١٨ سنة شمسية و ١١ يوما الساروس ( Saros ) وقد كانت معروفة لدى الفلاسكيين من قديم الزمان ومن

الواضح أن أى كسوف للشمس يتكرر حدوثه بنفس الظروف بعد فترة من الزمن تساوى هذه الفترة. وهكذا يتاح لنا التنبؤ بظواهر الكسوف جميعها مستقبلا على وجه التقريب. غير أنه عند حساب ظروف هذه الظاهرة بالدقة لا بد من معرفة حركة كل من الشمس والقمر بالنسبة للأرض. وما هو جدير بالملاحظة أن الكسوف الكلى للشمس لا تتجاوز مدته أكثر من ثمان دقائق في أحسن الظروف.

الكسوف الخلقى : شرحنا آنفا الظروف التى قد يكون فيها كسوف الشمس كليا أو جزئيا. والآن لما كان مدار القمر بيضا ذا اختلاف مركزى كبير فأن بعده من الأرض يتراوح بين ٢٢٢٠٠٠ ميل عندما يكون فى نقطته الحضيض من مداره و ٢٥٣٠٠٠ عندما يكون فى نقطة الأوج المقابلة ولقد قدر طول ظل القمر بنحو ٢٣٢٠٠٠ ميل  $\pm$  ٤٠٠٠ ميل، لذلك نجد أن ظل القمر قد يكون كاميا فى بعض الأحيان لبلوغ سطح الأرض فيكون ثمة كسوف كلى



( شكل ٢٣ )

فى نقط معينة من سطح الأرض. أما فى معظم الأحيان فإن ظل القمر يقصر عن بلوغ سطح الأرض ويكون قطره الظاهرى أصغر من قطر الشمس (شكل ٢٣) وفى هذه الأحوال يشاهد الراصد عند النقطة من سطح الأرض الواقعة على امتداد الخط بين مركزى النيرين نوعا آخر من أنواع

الكسوف يعرف بالكسوف الحاقى فيرى قرص القمر المعتم محاطا بحلقة  
مضيئة من قرص الشمس

. . .

أهمية الكسوف الكلى : ورغم أن الكسوف الكلى لا يقع إلا نادرا . وأنه لا يستغرق إلا فترة وجيزة لا تتجاوز بضعة دقائق ، فإن له من الأهمية العلمية البالغة ما يفتضى العلماء والفلكيين بذل الجهود المختلفة مقدما في الاستعداد لرصده وتحمل المشاق الكثيرة في سبيل ذلك ، فكثيرا ما يكون وقوعه في مناطق نائية وبعيدة عن العمران . ذلك لأنه يتيح لهم فرصة فريدة في نوعها للقيام بدراسات علمية مختلفة لا تتوفر لهم في غير هذه المناسبة نذكر منها على سبيل المثال ما يأتي

أولا — دراسة أكليل الشمس فوتوغرافيا بعنسات ذات بعد يورى طويل وبالمطاياف وبالأجهزة الضوئية الحساسة والمستقطبة

ثانيا — البحث عن سيارات أو مذنبات بالقرب من الشمس  
ثالثا — تحقيق نظرية النسبية العامة لاينشتين بتصوير النجوم القريبة من الشمس وقياس الانحراف الناشئ من تأثير جاذبية الشمس على ضوءها

رابعا — دراسة تأثير الكسوف الكلى على الموجات اللاسلكية وعلى  
الاخص القصيرة

خامسا — دراسة تأثير كسوف الشمس على المغناطيسية الأرضية



سادسا - تصوير طيف ألسنة اللهب القمرية التي توجد على سطح الشمس

سابعا - استكمال دراسة حركة القمر المعقدة

وفي كسوف كلى عام ١٩١٩ حققت البعثات البريطانية التي أوفدت لرصده في البرازيل نظرية النسبية لاينشتين لأول مرة، فقد دلت أرصدهم وقيمتهم على وجود تغير في مواقع النجوم القريبة من الشمس بتأثير جاذبيتها على الضوء المنبعث من النجوم المنار بالقرب من الشمس، مما يجعله ينحني بمقدار ١.٧٥ ثانية قوسية. وفي كسوف كلى عام ١٨٨٢ - الذى شوهد فى مصر - اكتشف مذنب كبير بالقرب من الشمس لم يكن معروفا من قبل. وتمكن الفلكي الانجليزى (هالى) بعد دراسة أوقات الكسوف السابقة لعده من كشف زيادة طفيفة فى طول اليوم يعزوها العلماء الى تباطؤ دوران الأرض بتأثير قوى احتكاك المياه بالشواطىء أثناء المد والجزر وقد تمكن العالم الفرنسى (ليو) أخيرا من استنباط طريقة لرصد أكاييل الشمس الداخلى فى أى يوم دون الانتظار لحالات الكسوف الكلى النادر، فأقام لهذا الغرض منظارا على قمة عالية من جبال البرانس لتلافى تأثير الدخان والتراب المعلق فى الهواء والسحاب. ووضع فى داخل المنظار قرصا مظلما يحجب ضوء قرص الشمس دون الأكاييل الشمسى فأتاح بهذه الوسيلة إمكان دراسة بعض المسائل السالفة الذكر بانتظام. ومع ذلك فلا يزال الكسوف الكلى الطبيعى أكثر صلاحية ووفاء بالغرض من أى كسوف صناعى كهذا الذى استحدثه (ليو) ويعد وحده مفتاح الكثير من الدراسات العلمية الهامة.

ويلاحظ أنه قبل أن يسير الكسوف كليا بنحو نصف ساعة يقتم لون الأرض والجوفيشير شعورا مسجريا غريبا فى نفوس البشر، وتفزع الطيور وتنبج الكلاب وتصيح الديكة وقبيل وقوع الكلية يحثم الدجاج ويتكون

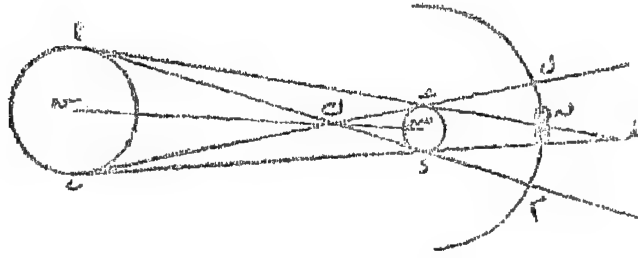
الندى والصقيع في بعض الأحيان وتطوى الزهور أوراقها  
وقد يشاهد قبيل وقوع الكسوف الكلى بدقائق — حافات ظلال  
خفيفة تترق فوق السطوح البيضاء هي ظلال أمواج في جو الأرض . وقد  
يرى الراصد في الأحوال الملائمة ظل القمر ممتدا في الهواء كأنه سحابة رعد  
يتحرك من الغرب بسرعة كبيرة تقدر بنحو عشرين ميلا في الدقيقة . ويشاهد  
في هذا الوقت أيضا تحول الحافة الهلالية الشكل لقرص الشمس الشرقي إلى  
خرزات تعرف ( بخرزات بيلي ) نتيجة لضوء الشمس الذي ينفذ من خلال  
المرتفعات التي على سطح القمر عند حافته . كما يشاهد عند حافتها الغربية  
ضوء الأكليل الداخلي كغلاف باهت عجيب...

ولا تلبث الخرزات عادة الا قليلا ثم يظهر بعد ذلك الأكليل وقد  
حدث في أثناء كسوف ١٩٣٥ أن ظلت إحدى الخرزات بادية لعيان  
الناظرين حتى بعد ظهور الأكليل بوضوح وكأنها قطعة من ماس

ويختلف شكل الأكليل بين كسوف وآخر ، وهو يتكون عادة من حلقة  
مضيئة حول الشمس ذات امتدادات في بعض النقط قد تبلغ أضعاف قطر الشمس ،  
ضوؤها خافت ، وقد ترى خلالها السيارات أو النجوم . أما ضوء الأكليل  
نفسه فأيض لؤلؤي ، ويشهد لمعانه عند الحافة الداخلية . وقد يرى خلال  
المنظار شواظ قرمزية اللون كاللهب في شكلها تمتد من السكرة اللونية الحمراء  
التي ترى عند احتجاب حافة الشمس أو ظهورها بعد الاحتجاب

ومع أن احتجاب قرص الشمس أثناء الكسوف ينشأ عنه ظلام مخيف  
ألا أنه على أي حال ليس ظلاما كاملا لأن الضوء المنبعث من الأكليل  
— والذي يقدر بنصف ضوء القمر بدرا — وكذا ضوء الشمس الذي  
تعكسه السحب العالية وجزيئات الهواء — حيث يكون الكسوف عندها  
جزئيا — كلاهما يخفف من حدة الظلام

## خسوف القمر



لو فرضنا أن س مركز الشمس ، ص مركز الأرض ، ا ، ب ، ب و المماسان الخارجيان ، ا ي ، ب و المماسان الداخليان في مستوى الورقة نجد أنه في أي نقطة من المخروط ه و ي تحجب الأرض كل الأشعة الضوئية من الشمس فيتكون الظل ، أما الجزء من الفضاء المحصور بين هذا المخروط والمخروط المحدد بالمماسين الداخليين ، فكل نقطة فيه تحجب فيها جزء من ضوء الشمس ، فلا تصله الأشعة من جسم الشمس كله ويسمى هذا الجزء شبه الظل . فعندما يدخل القمر مخروط شبه الظل في النقطة ل يقل الضوء الساقط عليه من الشمس تدريجيا مما لا تلاحظه العين المجردة حتى يصل إلى النقطة ق من مداره التي تقع في ابتداء مخروط الظل فيقل ضوءه بسرعة حتى لا يرى . وحينئذ يخسف القمر .

وعندما يقترب القمر من النقطة التي يكون فيها الخسوف كلياً يضيء قليلاً بضوء الشمس الذي يمر بالانكسار في الطبقة الجوية المحيطة بالكرة الأرضية . ونظراً لامتصاص الهواء للأشعة القصيرة الموجهة يكون لون القمر نحاسياً وتختلف مقدار الأضاءة في هذه الحالة بين خسوف وآخر باختلاف الأحوال الطبيعية للطبقة الهوائية .

وتختلف مدة مسك الخسوف باختلاف طول خط الاستقبال (١)  
فعندما يكون طوله صغيراً تطول مدة الخسوف الكلى حتى تصل الى ثلاث  
ساعات احياناً ، وعندما يكون طوله كبيراً تقل مدة الخسوف الكلى حتى تبلغ  
دقائق معدودة . وعند حدوث خسوف القمر تكون الزاوية المحصورة بين  
مركزى القمر والظل كما ترى من مركز الأرض  
أقل من نصف قطر القمر + الزاوية ح ق ض هـ

أى : : : :  
+ الزاوية ح ق ض هـ - الزاوية ض هـ ح  
: : : :  
+ الزاوية ح ق ض هـ - الزاوية ا ض ش -  
الزاوية ص ا ح .

وبما أن ح ق ض = الاختلاف المركزى (٢) للقمر هـ ا ض ش =  
نصف قطر الشمس هـ ا ح = الاختلاف المركزى للشمس  
نجد أن الزاوية المحصورة بين القمر والظل عند حدوث خسوف القمر  
يجب أن تكون أقل من نصف قطر القمر + الاختلاف المركزى للقمر  
+ الاختلاف المركزى للشمس - نصف قطر الشمس .

## المد والجزر

لهذه الظاهرة أهمية خاصة فى شئون الملاحة البحرية . وينشأ المد والجزر  
من جاذبية القمر لمياه البحار . ولا يضح ذلك نفترض أن الكرة الأرضية  
كلها مغطاة بماء قليل الغور ، ولما كان جذب القمر للمياه أكثر من جذبها

(١) Line of oppositine

(٢) Parallax وهو الاختلاف بين اتجاهى القمر من مركز الأرض (ص) ومن

نقطة على سطحها (ح) .

للأرض — لأن الأول أقرب نسبياً — يعلو سطح الماء الواقع في الاتجاه نحو القمر . أما الماء الذي يغطي سطح الأرض في الاتجاه المقابل فيكون جذب القمر له أقل من جذبه للأرض من تحته ، لأن الأخيرة أقرب إلى القمر نسبياً ، ولهذا يعلو سطحه الماء أيضاً في هذا الاتجاه .

أما تأثير جاذبية القمر على مياه المحيط في النقط الأخرى فمن البديهي أن قوة الجذب تكون في اتجاه القمر وتحليلها إلى مركبتين متعامدتين الأولى في اتجاه المماس للأرض والثانية في الاتجاه العمودي عليه نجد أن المركبة الأولى ينشأ عنها اندفاع الماء نحو الجهة من سطح الأرض التي يتسامت عندها القمر وهكذا تتدافع المياه من جميع النقط نحو هذه النقطة الأخيرة التي تقع رأسياً تحت القمر بتأثير هذه المركبة وتكون ذروة المد عندها ، ثم تنتقل على السطح تبعاً لحركة القمر حول الأرض .

ولما كان مسار القمر حول الأرض لا ينطبق على مستوى خط الاستواء ، نجد أن ذروتي المد في النقطتين المتقابلتين غير متساويتين . إذ ينشأ عن جذب القمر للماء الذي يغطي السطح الكروي أن يكون شكل الغطاء المائي بيضياً ، محوره الأكبر في اتجاه القمر . ولما كان تأثير الجذب على النقط من سطح الماء التي في نصف الكرة المواجهة للقمر أكثر من التي في النصف الآخر فإن ارتفاع المد في جميع النقط التي في النصف الأول أكبر منه في النصف المقابل ما لم يكن اتجاه القمر في مستوى خط الاستواء ، ففي هذه الحالة يكون ارتفاع المد في أي نقطة من السطح المواجهة للقمر مساوياً لمثله في النقطة المقابلة لها من النصف الآخر الواقعة على نفس دائرة خط العرض . وهذا لا يحدث إلا مرتين في الشهر عندما يمر القمر بنقطتي تقاطع مساره مع دائرة المعدل .



تجد أنه رغم أن الشمس قد غابت تحت أفق الراصد من فاحتجبت عن الأنظار تماما، فإن نقطة مثل (أ) من الطبقة الهوائية في سمائه لم تزال تستمد الضوء من الشمس بطريقة مباشرة، وكذلك جميع النقاط الواقعة بين (أ) و (ب) من الطبقة الهوائية والتي تقع فوق أفق هذا الراصد،

وهكذا نرى أن الشمس حتى بعد مغيبها تحت الأفق بالنسبة للراصد من، تشع الضوء على جزء كبير من الطبقة الهوائية المحيطة به فتعكسه الذرات والجسيمات المختلفة المعلقة فيه، ولهذا السبب نرى الجزء من السماء الذي فوق المماس (ش) مضئاً بينما نرى الجزء (م) ف الذي تحت هذا المماس مظلماً وكلما هبطت الشمس تحت الأفق يقل الجزء المضيء تدريجياً حتى تنطبق نقطة (أ) على نقطة (ب) وحينئذ يتعدم الضوء الذي يصل مباشرة من الشمس إلى الذرات المعلقة في الهواء فوق أفق الراصد.

هذه هي ظاهرة الشفق الذي نراه كل ليلة بعد غروب الشمس ناحية الغرب وكل صباح ناحية الشرق قبل شروق الشمس حيث نرى جانباً من الطبقة الهوائية مضئاً ناحية الشرق ويزيد تدريجياً حتى تطلع الشمس.

غير أن هناك اختلافاً يسيراً بين ظاهرتي شفق الصباح وشفق المساء. فبينما أن ضوء الشمس المنعكس من الذرات المعلقة في الهواء عند الغروب مصفراً. ثم يتغير لونه تدريجياً حتى ينتهي بالضوء الأبيض عند ابتداء الليل. نجد أن الفجر يبدأ بظهور الضوء الأبيض. ثم يصفر تدريجياً حتى ينتهي باللون الأحمر عند طلوع الشمس.

وبالرغم من ذلك فإن هاتين الظاهرتين متماثلتان تماماً. ويرجع اختلاف الألوان إلى اختلاف خاصية مركبات الضوء.

وينتهي الشفق بعد الغروب ويبدا قبل الشروق عند ما تكون الشمس تحت الأفق بحوالى  $18^{\circ}$ .

ولقد اتفق أئمة المسلمين على إعتبار أول ظهور الشفق الأبيض شرقاً من ابتداء صلاة الفجر، واختلفوا في تقدير مبدأ صلاة العشاء فمعظمهم يرى أنه وقت مغيب الشفق الأحمر بعد غروب الشمس وعند أبي حنيفة وبعض المالكية وقت العشاء عند مغيب الشفق الأبيض.

أما الفلاسكيون فقد اختلفوا في تقدير اللحظة التي يغيب فيها الشفق الأحمر ومعظمهم يحدده باللمحة التي تكون فيها الشمس تحت الأفق غرباً بنحو  $33^{\circ} 17'$ .

أما وقت ظهور الشفق الأبيض شرقاً فقد بين باللمحة التي تكون الشمس فيها تحت الأفق بنحو  $33^{\circ} 19'$ .

وطالما أثار البعض جدلاً في هذا الموضوع والواقع أن الفترة بين غروب الشمس ومغيب الشفق الأحمر أو بين شروق الشمس وظهور الشفق الأبيض تختلف في المكان الواحد باختلاف الفصول والأحوال الجوية وتختلف بالنسبة لمكانين من سطح الأرض باختلاف خطي عرضيهما.



## الباب الخامس

### مقاييس الزمن الفلكية

اليوم النجمي - اليوم الشمسي الحقيقي - اليوم الشمسي الوسطي - معادلة الزمن -  
تعيين وقت الظهر - السنة النجمية - السنة الشمسية - السنة المدنية - التقويم المصري  
القديم - التقويم الجريجوري - التقويم القبطي - شم النسيم - التقويم الهجري - تعيين الزمن

تقاس الأيام والشهور والسنين بمقاييس فلكية تحددها ظواهر فلكية ذات أهمية خاصة في حياة البشر . فالأيام تقاس بحركة دوران الأرض حول محورها من الغرب إلى الشرق ، وما ينشأ عنها من اختلاف الليل والنهار وحركة الأجرام السماوية ومن بينها الشمس والقمر ظاهرياً من الشرق إلى الغرب . والشهور تقاس بحركة القمر حول الأرض بالنسبة إلى الشمس فيكون هلالاً صغيراً في مستهل الشهور ، ثم يكبر يوماً بعد يوم حتى يصير بدراً كاملاً فتخف وحشة الظلام أثناء الليل ، ومن ثم يصغر تدريجياً ويقل ما نراه من نصفه المضيء حتى يعود إلى حالته الأولى . أما السنين فتقاس بحركة الأرض في مدارها حول الشمس ، وما ينشأ عنها من تعاقب الفصول الفلكية وتحرك الشمس ظاهرياً في البروج .

أما الأسابيع وأجزاء اليوم فوحدات اصطلاحية للزمن . يروى أن ملوك بابل كانوا يتجنبون الفصل في شئون الدولة في اليوم السابع والرابع عشر من كل شهر ، وكذلك اليهود فقد كانوا منذ أقدم العصور يمتنعون عن العمل في أيام السبت . ثم انتقلت فترة السبعة أيام إلى الكنيسة المسيحية وعظم أول الأسبوع حتى وقتنا هذا .

## وحدات اليوم

### ١ - اليوم النجمي :

إن حركة الأرض حول نفسها هي الساعة الطبيعية العظمى التي لا يعادلها شيء آخر في دقتها . ولما كان من المستحيل صنع ساعة ميكانيكية أو كهربائية تماثل أو تفوق حركة الأرض اليومية ، أفترضنا على أساس سليمة أن طول هذه الفترة الزمنية لحركة الأرض اليومية ثابت لا يتغير بمرور السنين . ويمكن قياس هذه الفترة بما ينشأ عن دوران الكرة الأرضية من دوران الكرة السماوية وما عليها من اجرام .

ولقد اتخذت هذه الفترة وحدة أساسية من وحدات الزمن الرئيسية وتعرف « باليوم النجمي » ، وتقاس بالفترة الزمنية التي تمضي بين عبورين متتاليين لنقطة الاعتدال الربيعي فوق خط الزوال .

أما أجزاء اليوم النجمي فنقدر بالزاوية الساعية لنقطة الاعتدال الربيعي في أي لحظة .

ولما كانت الزوايا الساعية تقاس موجه من خط الزوال في اتجاه الغرب والمطلع المستقيمة تقاس موجه من نقطة الاعتدال الربيعي نحو الشرق فالعلاقة الآتية تربط كلا من الوقت النجمي والمطلع المستقيم والزوايا الساعية لنجم ما .

الزاوية الساعية لنجم ما في لحظة ما = الوقت النجمي عند هذه اللحظة - المطلع المستقيم لهذا النجم .

كما يتضح من الشكل ٢٤ وفيه  $\alpha$  و  $\delta$  يمثل دائرة المعدل وق القطب الشمالي ، ع نقطة الاعتدال الربيعي ، ن نجم ما فالزاوية الساعية للنجم في



بعينه شهرين وهكذا نجد أن اليوم الشمسي رغم أنه ثابت الطول ثبوتاً مطلقاً تقريباً ، فإنه لا يصلح لأن يكون وحدة من وحدات الزمن في الشئون المدنية لأن مبدأه غير ثابت بالنسبة لمنتصف النهار ( عبور الشمس خط الزوال ) . بل يتقدم عليه ٤ دقائق في كل يوم ، فاحياناً يكون ميله عند منتصف النهار أو قريباً منه ، وأحياناً أخرى يكون عند منتصف الليل

غير أننا من الناحية الأخرى نجد أن اليوم الشمسي الحقيقي غير ثابت الطول ، لأن سرعة الشمس الظاهرية وسط النجوم غير ثابتة على مرور الأيام ثناء السنة وذلك لسببين .

الأول — أن مدار الأرض حول الشمس ليس دائرياً تماماً بل قطعاً ناقصاً ( يضى الشكل ) . ولما كان الخط الواصل بين الأرض والشمس يقطع من مستوى الدائرة الكسوفية مساحات متساوية في أزمنة متساوية نجد أن سرعة الأرض الحقيقية ( وهي سرعة الشمس الظاهرية ) غير ثابتة في طول المدار .  
الثاني — أنه بفرض أن مدار الأرض حول الشمس كان دائرياً تماماً فطول اليوم الشمسي الحقيقي لا يكون ثابتاً إلا لو كانت الدائرة الكسوفية منتظمة تماماً على دائرة المعدل .

ولهذا نجد ان عدم ثبوت طول اليوم الشمسي يجعله هو أيضاً غير صالح للاستعمال كوحدة أساسية في حساب الزمن .

### ٣ - اليوم الشمسي الوسطى :

من أجل هذا افترض الفلاسكيون شمسا وهمية تتحرك بسرعة منتظمة طول السنة ، وتم دورة كاملة في دائرة المعدل في مدة سنة ، واتخذوا الفترة

الزمنية التي تمضي بين عبورين متتاليين لهذه الشمس الوهمية وحدة من وحدات الزمن وأسموها ( اليوم الشمسي الوسطى ) لأن طوله يعادل متوسط أطوال الأيام الشمسية الحقيقية على مدار السنة . وهو ثابت المقدار ، ومبدؤه من العبور السفلى للشمس الوسطى خط الزوال ، أى من منتصف الليل .

### معادلة الزمن :

والفرق بين لحظتى عبور الشمس الوسطى والشمس الحقيقية فى أى يوم خط الزوال دقائق قليلة وهذا الفرق ليس قابلاً للتكامل كما هو الحال بالنسبة للفرق بين عبور نقطة الاعتدال الربيعى والشمس الحقيقية أو الوسطى ويختلف مقداراً باختلاف الفصول . ويسمى هذا الفرق (معادلة الزمن) ويعتبر موجباً إذا كانت الشمس الوسطى تعبر خط الزوال قبل الحقيقية فى ذلك اليوم وأجزاء اليوم الشمسى الوسطى تقدر بالزاوية الساعية للشمس الوسطى وتقاس بالساعات الميكانيكية أو الكهر بائية المختلفة . أما الزمن الشمسى الحقيقى فتبينه المزاوول الشمسية والعلاقة الآتية تربط الزمن الشمسى الحقيقى والوسطى ومعادلة الزمن :

الزمن الشمسى الحقيقى = معادلة الزمن + الزمن الشمسى الوسطى  
ومعرفة الزمن بكل دقة من المسائل ذات الأهمية الحيوية العظمى وعلى الأخص فى شئون الملاحة البحرية والجوية وعمليات المساحة . ونظراً لما لعامل التغير فى درجة الحرارة والضغط الجوى من الأثر المباشر فى حركة الساعات الميكانيكية أو الكهر بائية بجميع أنواعها ، كان لزاماً علينا معاييرها بين آن وآخر بساعة لا تتأثر بهذين العاملين أو بأمثالهما ، هذه الساعة هى كما سبق ذكرنا حركة الأرض اليومية حول محورها من الشرق إلى الغرب ، وما ينشأ عنها من شروق النجوم وارتفاعها فوق الأفق حتى تعبر خط الزوال .

من أجل هذا تعابير الساعات النجمية في المراصد بأرصاد زوالية للنجوم لمعرفة الوقت النجمي الصحيح، ومن ثم استنباط الوقت الشمسي الوسطي، ثم أخذ أساسا لقياس الزمن في الشئون المدنية .

لهذا نرى أنه رغم التقدم الكبير في صناعة الساعات المختلفة فإن تعيين الزمن لم يزل من الأعمال الفلسفية المناطة بالمراصد .

## الوقت المحلي والمدني

### الوقت المحلي :

الوقت المحلي سواء كان وسطيا أو حقيقيا عند لحظة ما هو عبارة عن الزاوية الزاوية في هذه اللحظة للشمس الوسطى أو الحقيقية . ومن الواضح أنه يختلف باختلاف المكان من سطح الكرة الأرضية . فمثلا الوقت المحلي في لحظة ما في مدينة القاهرة يزيد على الوقت المحلي في نفس هذه اللحظة في مدينة الإسكندرية بفترة من الزمن تتناسب طولا مع الفرق بين خطي طولها .

### الوقت المدني :

ولقد أصبحنا نعيش في عصر تقدمت فيه وسائل الانتقال تقدما كبيرا ولذلك نجد أن الوقت المحلي غير صالح لأن يكون أساسا في قياس الزمن ذلك لأن مبدأه يختلف باختلاف مواقع المدن والبلدان في القطر الواحد فيختلف تبعاً لذلك ما يدل على الوقت في أية لحظة ، من أجل هذا استعاضت عنه الممالك المتحضرة بنظام آخر يعرف ( بنظام الوقت المدني ) فجعلوا عبور الشمس الوسطى خط طول معين مبدأ لليوم بالنسبة لمنطقة كبيرة من سطح الأرض .

وقد اتفق على تقسيم سطح الأرض إلى مناطق عرض كل منها  $١٥^\circ$  منطقة جرينتش وهى المنطقة الأولى تشمل المناطق من سطح الأرض التى يحدّها خطا طول  $٧٥^\circ$  شرق جرينتش ،  $٧٥^\circ$  غرب جرينتش ، ويبدأ فيه اليوم من لحظة عبور الشمس الوسطى خط جرينتش . والمنطقة الثانية تشمل جميع البلدان المحصورة بين خطى طول  $٢٢٥^\circ$  شرق جرينتش  $٦٥^\circ$  شرق جرينتش ، ويبدأ اليوم فيها من لحظة عبور الشمس الوسطى خط طول  $١٥^\circ$  شرق جرينتش ، ولما كانت الشمس الوسطى تقطع بانتظام الدرجة من خطوط الطول فى ٤ دقائق زمنية نجد أن وقت هذه المنطقة يكون متقدما على وقت جرينتش بساعة . والمنطقة الثالثة تشمل جميع البلدان التى بين خطى طول  $٣٧٥^\circ$   $٦٥^\circ$  شرق جرينتش ، ويبدأ اليوم فيها لحظة عبور الشمس الوسطى خط طول  $٣٠^\circ$  وهو الذى يمر قريبا جدا من مدينة الاسكندرية والوقت فى هذه المنطقة يكون متقدما على الوقت فى المنطقة الأولى بساعة وعلى الوقت فى منطقة جرينتش بساعتين .

وهكذا قسمت المناطق الأخرى من سطح الأرض الوقت . ومن الواضح أن الوقت المدنى لا يزيد أو ينقص عن الوقت المحلى فى البلدان التى تقع على حدود المنطقة عن نصف ساعة . والوقت المدنى فى مصر هو وقت المنطقة الثانية .  
الساغة الذكر ،

## وحدات السنة

### ١ - السنة الشمسية

هذه هى الوحدات المختلفة فى قياس اليوم ، وقد تكلمنا قبل ذلك عن الشهر عند كلامنا عن القمر . أما الوحدة الرئيسية الثالثة فى قياس الزمن

فهي السنة ، وهي الفترة التي تستغرقها الشمس لتتم دورة كاملة في حركتها الظاهرية في الدائرة الكسوفية بالنسبة إلى نقطة معينة من الفضاء السماوي وتختلف طولا باختلاف النقط المختارة فالسنة الشمسية هي الفترة الزمنية التي تقطع الشمس في أثنائها محيط الدائرة الكسوفية بالنسبة لنقطة الاعتدال

تانية	دقيقة	ساعة	يوم
٥٦	٤٨	٥	٣٦٥

الرئيسي ويبلغ طولها ٣٦٥ ر ٢٤٢٢١٦ يوما .

٢ - والسنة النجمية هي الفترة الزمنية التي تقطع الشمس في أثنائها الدائرة الكسوفية بالنسبة إلى نجم من النجوم الثابتة

ولقد رأينا آنفا أن نقطتي الاعتدال ليستا ثابتتين ثبو تامطلقا في الفضاء السماوي بل تتقدم قرآن بالنسبة للنجوم الثابتة بمعدل ٢٢ ر ٥٠ ثانية قوسية في كل عام ويتبع ذلك أن طولي الـ وحدتين السالفتي الذكر من وحدات السنة ليستا متساويتين ففي الحالة الأولى تقطع الشمس من مسارها ما طوله ٣٦٠° - ٢٢ ر ٥٠ من مسارها أثناء سنة شمسية، وفي الحالة الثانية تقطع ٣٦٠° كاملة . وسرعة الشمس واحدة في كلتا الحالتين وتساوي

$$\frac{٣٦٠}{\text{طول السنة الشمسية}} \quad \text{وتساوي أيضا} \quad \frac{٣٦٠ - ٥٠ ر ٢٢}{\text{طول السنة النجمية}}$$

وتحدد هاتان المتساويتان طول السنة النجمية والشمسية . ومنها يتضح أن طول السنة النجمية يساوي ٣٦٥ ر ٢٥٦٤٧٤ يوما .

٣ - السنة المدنية : لما كان طول كل من الـ وحدتين السالفتي الذكر يحتوي على عدد صحيح وكسر من اليوم نجد أنهما لا يصلحان للاستعمال في الشئون



المدنية، إذ لا يمكن أن يكون مبدأ اليوم في مستهل السنة بعد مضي كثير معين منه، ويتغير على مرور السنين . ولقد تغلب المصريون القدماء على هذه الصعوبة باستنباط السنة المدنية في عدد السنين، فجعلوا في كل دورة من أربع سنين ثلاثاً كل منها ٣٦٥ يوماً والرابعة ٣٦٦ يوماً مما يجعل متوسط طول السنة المدنية  $365\frac{1}{4}$  يوم فالفرق بينها وبين طول السنة الشمسية الحقيقية صغير جداً فإغفلوه .

واصطلح على جعل السنين التي تقبل أعدادها القسمة على ٤ كبيسة أى ٣٦٦ يوماً وما عداها بسيطة .

وسمى التقويم المؤسس على هذه القاعدة التقويم اليوليوسى نسبة الى يوليوس قيصر الذى أدخل فى عهده هذا النظام بناء على مشورة الفلكى المصرى « سوتوجينز »

### تعيين وقت صلاة الظهر

وتطبيقاً للبادئ السالفة الذكر نضرب المثالين الآتين :

١ - متى يحين وقت صلاة الظهر فى مدينة القاهرة (خط طولها  $31^{\circ}15'$ ) فى يوم ٣٠ يناير ١٩٤٩ اذا كانت معادلة الزمن فى ذلك اليوم + ١٣ دقيقة المطلوب هنا هو تعيين الوقت الذى تكون فيه الشمس الحقيقية على خط زوال مدينة القاهرة .

ولما كانت القاهرة تبعد عن خط طول الأساس لهذه المنطقة  $30^{\circ}$  شرق جرينتش ( شرقاً بدرجة وربع . ولما كانت الشمس تقطع الدرجة فى ٤ دقائق

نجد أن الشمس الوسطى تعبر خط طول القاهرة قبل أن تعبر خط الأساس بخمس دقائق .

ولما كان وقت عبور الشمس الوسطى خط الأساس هو الساعة الثانية عشر عند سكان هذه المنطقة جميعا ومن بينهم أهل القاهرة ، نجد أن الشمس الوسطى سوف تعبر خط طول القاهرة الساعة الحادية عشر والدقيقة خمسة وخمسين ، وبما أن معادلة الزمن في هذا اليوم تساوى ١٣ دقيقة نستنتج أن الشمس الوسطى تعبر في هذا اليوم خط طول القاهرة قبل الحقيقة بمقدار ١٣ دقيقة .  
 أى أن الشمس الحقيقية تعبر خط طول القاهرة في الساعة

ق س ق ق س

١١٠٥٥ + ١٣ = ١٢٠٨ وهو وقت الظهر المطلوب .

متى يحين وقت صلاة الظهر في بلدة السلوم ( خط طولها ١١ ٢٥° ) في يوم ٣٠ أكتوبر ١٩٤٩ إذا كانت معادلة الزمن في ذلك اليوم = ١٦ دقيقة في هذا المثال نجد أن بلدة السلوم تقع غرب خط الأساس بنحو ٧٥ ر ٤° وبما أن الوقت عند أهل السلوم وغيرهم من سكان هذه المنطقة المحصورة بين ٢٢ ر ٥° شرق جرينتش و ٣٧ ر ٥° شرق جرينتش يكون الثانية عشر في اللحظة التي تكون فيها الشمس الوسطى على خط طول ٣٠° ، ولما كانت الشمس تقطع الدرجة الواحدة في أربع دقائق فإنها تستغرق في المسافة بين خطى ٢٥ ر ٢٥° و ٣٠ ر ٢٥° ( خط طول السلوم تقريبا ) فترة من الزمن تساوى

$$٤ \times ٤٧٥ = ١٩ \text{ دقيقة}$$

لذا نجد أن الشمس الوسطى تسكون على خط طول السلوم في الساعة ١٢ ر ١٩ . ولما كانت معادلة الزمن في هذا اليوم تساوى ١٦ دقيقة

نجد أن الشمس الحقيقية في هذا اليوم تعبر خطوط الطول كلها ومن بينها خط طول الساعون قبل الشمس الوسطى بفترة تساوي ١٦ دقيقة . أى أن الشمس الحقيقية سوف تعبر خط الساعون في هذا اليوم في الساعة

ق س ق ق س

١٢ر١٩ - ١٦ = ١٢ر٢ وهو وقت الظهر المطلوب

وتعرف قيمة معادلة الزمن في أى يوم « من الجداول الفلكية مثل الـ Nautical Almanac والـ American Ephemeris التي تصدر سنوياً . وهي تساوي صفر أربع مرات في السنة حوالى ١٤ أبريل و١٢ يونيه وآخر أغسطس و٢٥ ديسمبر وتبلغ أعلى قيمتها الموجبة + ١٤ر٥٠ دقيقة حوالى ١٢ فبراير وأدنى قيمتها السالبة - ١٦ر٢٠ دقيقة حوالى ٣ نوفمبر

### التقويم المصرى القديم

سبق المصريون القدماء الأمم الأخرى في صناعة التقويم ، وقدروا بالدقة الفترة الزمنية التي تلزم الشمس لتتم مدارا كاملا بين النجوم ، وهي المعروفة بالسنة النجمية ، واتخذوها وحدة أساسية في قياس الزمن .

وقد استخدموا في تقدير طول السنة النجمية ظاهرة فلكية تعرف بالشروق الاحتراقى أو الخلزونى للنجم اللامع المسمى الشعري اليمانية وهي رؤية هذا النجم قبيل شروق الشمس ، وكانت هذه الظاهرة تقع قبل فيضان النيل ، ولهذا اعتبروا هذا النجم رسولا سماوياً ينبئهم بموعد فيضان النهر المقدس وقد ابتكروا على هذا الأساس تقويماً محكماً لا يخضع لأهواء الحكام فقسموا السنة إلى ثلاثة فصول وهي فصل الفيضان وفصل البذر وفصل الحصاد . وجعلوا السنة في بادئ الأمر مكونة من اثني عشر شهراً كل منها ثلاثون يوماً ،

يضاف إليها في النهاية خمسة أيام تسمى أيام النسيء « جعلوها أعياداً لألهتهم .

وحاول بطليموس ( يورجنز ) عام ٢٢٨ ق . م إصلاح التقويم المصرى بجعل النسيء ستة أيام مرة كل أربعة سنين بدلاً من خمسة فلم يفلح ، وكان يوليوس قيصر أكثر ترفيقاً في هذا الأمر ، فأدخل بمساعدة الفلكى المصرى سويوجيتز نظام الكنيسة هذا عام ٤٦ ق . م ولو أن النظام القديم ظل مستعملاً إلى جانب النظام الجديد مدة من الزمن ثم بطل استعمال الأول . وبقى الثانى مستعملاً للآن . وهو المسمى بالتقويم الاسكندرى - فى الكنيسة القبطية والحلقة .

هذا بينما كان معاصروهم من الأمم الأخرى يتخبطون فى محاولات عقيمة وفاشلة لربط أوائل شهورهم المدنية بأوائل الشهور القمرية .

وكان المصريون القدماء يعلمون منذ بادىء الأمر أن سنتهم المدنية أقصر من السنة النجمية وطولها ٣٦٥٢٥ تقريباً . ولذلك اعتمدوا فى ضبط التقويم على رصد ظاهرة الشروق الاحتراقى للشعرى اليمانية . ولما كان الفرق بين سنتهم المدنية والسنة النجمية يتكامل حتى يصير سنة كاملة فى كل ١٤٦٠ سنة وأنهم - كما ذكر المؤرخ « سانسورينوس » - قد رصدوا هذه الظاهرة فى أول السنة المصرية ١٢٩ بعد الميلاد . استنتجنا حدوث هذه الظاهرة فى سنى ١٣٢١ و ٢٨٧١ و ٤٣٤١ و ٥٧٠١ ق . م .

ولما كانت البيانات المنقوشة فى أهرام الأسرتين الخامسة والسادسة تدل على أن تقويم ال ٣٦٥ يوماً كان متبعاً فى ذلك الحين ، وأن هذه الأهرام كانت موجودة فى عام ٣٧٨١ ق . م . نجد أن التاريخ المصرى القديم كان مستعملاً منذ ذلك الحين أو قبل ذلك بفترة فى عام ٤٢٤١ ق . م . أو بفترتين فى عام ٥٨٠١ ق . م .

وقد أطلقوا على الشهور الاثني عشر أسماء بعض آلهتهم ، وما زالت مستعملة الآن في التقويم القبطي الذي هو في الواقع التقويم اليوليوسى . وهو أكثر التقاويم المستعملة في مصر ذيوعا بين الزراع . لأن المواسم الزراعية ربطت عليه منذ أقدم العصور لا لأنه أضبط التقاويم كما يتوهم بعض الناس .

### التقويم عند العرب قبل الاسلام

لم تزل معرفة نوع التقويم الذى كان مستعملا عند العرب قبل الإسلام حتى حجة الوداع التى أوصح النبى صلى الله عليه وسلم فيها التقويم من المسائل المعقدة نظراً لاختلاف الرواية فيها اختلافاً بيناً .

ومن المحقق أن العرب كانوا ينسئون الشهور ، ولكن طريقة النسئ عندهم ما كانت مجهولة ، وكل رواية عنها تحيطحها الشكوك وتنقصها الأسانيد مقوية حتى لنجد للمؤرخ الواحد أكثر من رواية واحدة عن كيفية هذا النسئ . فقل إن العرب كانوا يحجون فى كل شهر عامين ، وقيل إن النسئ تأخير تحریم شهر . فقد كانت لديهم أربعة شهور محرمة وكان ذلك شريعة ثابتة عندهم من زمان إبراهيم وإسماعيل عليهما السلام لا يجوز فيها غزو ولا قتال . فتذهب هذه الرواية إلى أنهم كانوا يستكثرون وقوع ثلاثة منها متتالية وهى ذى القعدة وذى الحجة والمحرم ، فكانوا يؤخرون المحرم مثلاً إلى صفر فيحرمونه ويستحلون المحرم . وقيل أيضاً أنه كان هناك رجل من بنى كنانة له مكانته السامية بينهم يأتى كل عام فى موسم الحج فيحدد موعد الحج التالى وينسئ السنين . ولسنا نعرف القاعدة التى كان يجرى عليها هو وأولاده وأحفاده من بعده . وليس أدل على مكانته منهم من أنهم كانوا يسمونه

( القاس ) ومعناها البحر الزاخر أو الرجل الداهية ، ومن خطابه فيهم قوله  
( أيها الناس أنى لا أعاب ولا أحاب ولا مرد لما أقول . إنا قد حرّمنا  
المحرم وأخرنا صفر )

وقد ذكر فخر الدين الرازى أن هذا التأخير ما كان يختص بشهر واحد  
بل كان ذلك حاصلًا في كل شهور السنة ، وهو أمر غريب ، إذ المعروف أن  
الشهور المحرمة عندهم كانت أربعة فقط . وقال أنهم كانوا يجعلون بعض السنين  
ثلاثة عشر شهرًا بسبب زيادة طول السنة الشمسية على القمرية وهكذا كان  
يقع الحج في ذى الحجة في بعض السنين ثم في صفر وهكذا حتى يعود مرة  
أخرى في ذى الحجة .

وقيل أيضًا إن العرب تعلموا الكبيسة من اليهود إلا أنهم خالفوهم في  
بعض أعمالهم لأن اليهود كانوا يكبسون ١٩ سنة قمرية بسبعة شهور قمرية  
حتى تصير ١٩ سنة شمسية ، أما العرب فكانوا يكبسون ٢٤ سنة قمرية باثني  
عشر شهرًا قمرًا .

وروى أن أحد القلامسة أساء استخدام سلطته المطابقة في نسء الشهور  
حينما رأى قاتل أبيه في موسم الحج وأراد أن يثار له فقبل له أن هذا من  
الشهور الحرام قال نفسه «

ويبدو أن هذه الروايات جميعها ليس بينها رواية أجدر بالتصديق من  
الأخرى ما لم تقم الأدلة التاريخية على صحتها ، ويظهر أن الرواة جميعًا تأثروا  
بمدنية العصور التي عاشوا فيها فنسبوا إلى العرب الكبس المجكم الذي لا يمكن  
أن يكون إلا في أمة بلغت من العلم مبلغًا عظيمًا . أما يهود جزيرة العرب فلم  
يكن هناك اختلاف بينهم وبين العرب إلا في الداهية .

## التقويم الهجري

وعلى كل حال فليس أدل على فساد نظام التقويم الذي كان معمولاً به عند العرب قبل الإسلام من دعوة النبي صلى الله عليه وسلم المسلمين كافة إلى نبذ . وبما حجة الوداع عدل عنه نهائياً وحرمة الإسلام (إنما النسيء زيادة في الكفر يضل به الذين كفروا يحلونه عاماً ويحرمونه عاماً ليواطئوا عدة ما حرم الله فيحلوا ما حرم الله) واتخذ الشهر القمري وحدة أساسية في حساب الزمن عند المسلمين (إن عدة الشهور عند الله اثني عشر شهراً في كتاب الله يوم خلق الله السموات والأرض منها أربعة حرم ذلك الدين القيم فلا تظلموا فيهن أنفسكم) ومن ثم لم تعد بالمسلمين حاجة إلى كبس الشهور لقمريّة كما يقع موسم الحج في فصول فلسكية معينة كما قيل بأن هذا كان رائد العرب في نظام النسيء . ذلك لأن الإسلام قد فرض على الناس جميعاً والحج فريضة على كل مسلم والفصول الفلسكية تختلف باختلاف البقاع .

ولقد اتخذ أمير المؤمنين عمر بن الخطاب هجرة النبي صلى الله عليه وسلم إلى المدينة مبدأً للتقويم الإسلامي يؤرخ منه باعتبارها أهم الحوادث التاريخية في النسكين للإسلام في جزيرة العرب أولاً وفي مشارق الأرض ومغاربها بعد ذلك .

ولما لم يكن بين العرب من الفلاسكيين من يستطيع حساب أوائل الشهور القمرية مستقبلاً حساباً دقيقاً ، ونظراً لأنهم كانوا أهل بدو ولصعوبة نقل الأخبار في أنحاء الجزيرة فقد اعتمد في تحديد أوائل الشهور لرؤية العين بتبينها كل بدوى لنفسه (صوموا لرؤيته وأفطروا لرؤيته) .

ولم تزل هذه الطريقة القاعدة الأساسية في تحديد أوائل الشهور الهجرية ذات الأهمية الخاصة على سبيل التقليد رغم تقدم الدراسات الفلكية الآن تقدماً كبيراً يمكن معه حساب ظروف رؤية القمر لشهور مستقبله بدقة فائقة.

ومما هو جدير بالملاحظة أن ظروف رؤية القمر في أوائل الشهور القمرية تختلف باختلاف المكان من سطح الأرض ، وهو ما يعبرون عنه باختلاف المطالع ، فهي تتوقف على عاملين رئيسيين الأول خط عرض المكان والثاني ميل القمر عند مولده . والعامل الثاني يختلف من شهر إلى شهر . وهكذا قد يثبت أول الشهر بالحساب والرؤية في مكان ما ولا يثبت لا بالحساب ولا بالرؤية في مكان آخر ، مما يجعل أول الشهر مختلفاً في الأقطار المختلفة . هذا فضلاً عن أن ظروف الرؤية من حيث حالة الجو في مكان ما على كره الشهور غير ثابتة حتى يمكن التفكير في فرض هذه الظروف على جميع الأقطار الأخرى .

ولما كان بقاء هذه الحالة لا يتفق مع روح العصر الذي نعيش فيه وجب علينا من الآن أن نفكر في استنباط نظام علمي دقيق لتحديد أوائل الشهور القمرية وتوحيد مبدأ الشهور في جميع الممالك الإسلامية أما بفرض ابتداء الشهور عندما يثبت أن القمر يغيب بعد مغيب الشمس في أية نقطة من سطح الأرض بزمان ما هما كان صغيراً أو باتخاذ مكة - قبلة المسلمين في جميع أنحاء الأرض - مكاناً أساسياً في عمل الحساب لتحديد أوائل الشهور وفرض ظروف الرؤية فيها على جميع الأقطار . ولأسنا هنا نفترض حلاً معيناً وأما نوره بأهمية هذه المسألة .



### السكبيسة في حساب التقويم الهجرى

يختلف الشهر القمري طولاً على كثر الشهور لسبب الاختلاف المركزى لمداره البيضى وتغير شكل المدار نتيجة لجاذبية السيارات. وقد يبلغ الاختلاف السلكى لطوله الحقيقى عن طول المتوسط نحو ١٣ ساعة .

ومتوسط طول الشهر القمري ٢٩ ر ٥٣٠ ٥٩ يوم أو السنة القمرية ٣٥٤ ر ٣٩٧٧ يوم ما وهى المكونة من اثني عشر شهراً قرياً . ولقد وجد أن هذا السكسر من اليوم يتكامل حتى يصير ١٢٠٤ ر ١١ يوم ما فى كل ثلاثين سنة . ولذلك اتفق علماء الميقات على اقتباس نظام السكبيسة فى ضبط التقويم الهجرى، واصطلحوا على جعل السنين ٢، ٥، ٧، ٩، ١٢، ١٥، ١٨، ٢١، ٢٤، ٢٦، ٢٩ كسبسة أى مكونة من ٣٥٥ يوماً وما عداها بسيطة أى ٣٥٤ يوماً وذلك فى كل دورة من ثلاثين سنة منذ هجرة الرسول عليه السلام . كما اتفقوا على أن تكون الشهور الفردية كمحرم وربيع أول مكونة من ثلاثين يوماً ، والشهور الزوجية مثل صفر وربيع الآخر تسعة وعشرين يوماً . أما شهر ذى الحجة فيكون تارة ٢٩ يوماً إذا كانت السنة بسيطة وأخرى ٣٠ يوماً إذا كانت السنة كسبسة .

### التقويم الهجرى بجورى

ذكرنا آنفاً أن المصريين القدماء كانوا أسبق الأمم فى استنباط نظام علمى محكم للتقويم، وأنهم قاسوا السنة النجمية وطولها حوالى ٣٦٥ ر ٣٦٥ يوم ما، ثم ابتكروا على أساسها نظام السنة المدنية المكونة فى بادىء الأمر من ٣٦٥ يوماً ثم ابتكروا نظام السكبيسة فجعلوا السنة ستة أيام بدلاً من خمسة فى كل دورة من أربع سنين مما يجعل متوسط طول السنة المدنية ٣٦٥ ر ٣٦٥ يوم ما .

ولما كان تعاقب الفصول وبالتالى ضبط المواسم الزراعية مرتبطا بمواقع الشمس فى السماء على مرور الأيام أثناء السنة وجب أن يراعى فى عمل التقويم أن يكون اتجاه الشمس فى أى يوم هو بعينه فى نفس اليوم من السنين التالية على مر الأجيال . ولهذا فإن السنة الشمسية هى أصلح وحدة فلكية لهذا الغرض ولما كان طولها يساوى ٣٦٥٢٤٢٢١٦ يوما نجد أنها تقل عن متوسط السنة المدنية التى اتخذها المصريون القدماء بمقدار ٠,٧٧٨٤ يوما ومع أن هذا الفرق يبدو لأول وهلة ضئيلا إلا أنه يتكامل على تعاقب السنين فيصير ثلاثة أيام كل ٤٠٠ سنة .

ولقد قام البابا جريجورى الثالث عشر بإصلاح التقويم اليوليوسى الذى كان مستعملا حتى ذلك الحين بحذف هذه الثلاثة الأيام من عداد التقويم المدنى وقد كانت الطريقة فى تعيين السنين الكبيسة هى التى أعدادها تقبل القسمة على ٤ مثل ١٨٩٢ ، ١٨٩٦ . وقد اقترح لحذف هذه الثلاثة الأيام أن يحذف من الكبيسة كل السنين القرنية التى لا تقبل أعدادها القسمة على ٤٠٠ فسنة ١٩٠٠ التى كانت تعتبر فى التقويم اليوليوسى سنة كبيسة أصبحت فى التقويم الجريجورى سنة بسيطة أما سنة ٣٠٠٠ فتظل كبيسة على حالها فى النظامين . وهكذا نجد أنه فى كل ٤٠٠ سنة فى النظام الجديد ٩٧ سنة كبيسة بدلا من ١٠٠ فى النظام اليوليوسى .

ولضبط التاريخ أمر البابا جريجورى الثالث عشر بحذف عشرة أيام الزائدة فى عداد التقويم المدنى والتى نشأت من السير على أساس التقويم اليوليوسى منذ مجمع نيقية عام ٣٢٥ ميلادية فأسمى اليوم الخامس من أكتوبر

١٥٨٢ اليوم الخامس عشر منه . وهكذا عاد الاعتدال الربيعي إلى ٢١ مارس كما كان أثناء المجمع النقوى بعد أن كان قد تحول إلى ١١ مارس سنة ١٥٨٢ وأدخل هذا النظام في ممالك الكاثوليك في هذه السنة ، وبعد ذلك في إنجلترا عام ١٧٥٢ . ومن الواضح أن التقويم الجريجورى هو نفس التقويم اليوليوسى ما عدا جعل السنين القرنية بسيطة ما لم تقبل القسمة على ٤٠٠ وشهوره : يناير فبراير الخ .

## التاريخ القبطى

يبدأ الأقباط تاريخهم بعيد الشهداء المسيحيين الموافق ٢٩ أغسطس سنة ٢٨٤ ميلادية . وسنتهم المدنية ٣٦٥ يومًا ورُبع وفق النظام اليوليوسى وشهوره : توت - بابيه هاتور الخ . ولم يحاولوا الآن إصلاح تقويمهم وفق النظام الجريجورى مما سترتب عليه على مرور الأجيال الطويلة انتقال بداية سنتهم بين الفصول الفلسكية . ومع أنه انتقال بطيء إلا أنه ليس ثمة ما يبرر بقاءه يتزايد .

والأستاذ نجيب بوليس رسالة قيمة في هذا الموضوع أوضح بها أن عيد الميلاد القبطى الذى يقع فى ٢٩ كيهك الموافق حالياً ٧ يناير سوف يأتى فى الربيع بدل الشتاء بعد نحو خمسة آلاف سنة ويكون تاريخه ١٥ فبراير وقد نشأ عن عدم مسابقة الأقباط للنظم الحديثة أن الاعتدال الربيعى الذى كان يوافق ٢٥ برمات فى سنة ١ قبطية يحدث الآن فى ١٢ برمات .

ويجعل علماء الميقات فى كل ٢٨ سنة قبطية ، سبع سنين كبائس وهي :

الثالثة والسابعة والحادية عشر والخامسة عشر والتاسعة عشر والثالثة والعشرون والسابعة والعشرون . والتاريخ القبطى سابق على الهجرى بأيام عدتها ١٣٣٤٠٩ يوما .

### الدورة الميثونية

عدا التقاويم السالفة الذكر توجد تقاويم ذات صبغة علمية بحثة ولكنها ذات فائدة فى حساب المواسم والأعياد . من هذه الدورة الميثونية التى اكتشفها ميتون عام ٤٣٣ ق ، والتى كان يستخدمها اليونانيون فى تعيين أعيادهم الدينية التى ترتبط بعمر القمر أثناء الشهر القمري .

لاحظ ميتون أن ١٩ سنة شمسية يحتوى على ٦٩٢٩٦٠٢ يوما ، كما أن ٢٣٥ شهراً قريبا كل منها ٢٩٥٣٠٥٩ يحتوى على ٦٩٢٩٦٨٩ يوماً . ولهذا تتكرر أوجه القمر فى نفس الأيام من السنة بعد فترة من الزمن تساوى ١٩ سنة مع اختلاف يسير لا يتجاوز الساعتين .

فلو عينا الأيام من السنة التى يكون فيها القمر بدرا خلال دورة كهذه عرفنا الأيام التى سيكون فيها القمر بدرا فى الدورة التالية . وقد نقشت فى ذلك الحين هذه التواريخ بحروف ذهبية على النصب التاريخية . ولهذا أطلق اليونانيون على الأرقام الدالة على ترتيب السنة فى دورتها القمرية « الأعداد الذهبية » ، وقد عنوا بحفظها لأن السنين التى تكون أرقامها الذهبية واحدة تظهر الأهلة فيها فى مواقيت واحدة ، ومن البديهي أن تعيين أول سنة فى الدورة الميثونية مسألة اختيارية . والدورة المستعملة حاليا هى التى تبدأ بسنة ١ م ق و . لذلك ، لمعرفة العدد الذهبى لسنة ما يضاف ١ إلى العدد المبين لها ويقسم

المجموع على ١٩ فالباقي هو العدد الذهبي ، فإذا كان الباقي صفرا يعتبر العدد الذهبي لهذه السنة ١٩ .

## التاريخ اليوليوسى

هناك أيضا التاريخ اليوليوسى الذى اقترحه Scaliger عام ١٥٨٢ . ويتكون من دورة زمنية طولها ٧٩٨٠ سنة يوليوسية ، كل منها ٣٦٥٢٥ يوما . ومبدؤه أول يناير عام ٧١٢ ق.م ويحدد تاريخ أى ظاهرة بعدد الأيام التى انقضت منذ هذا التاريخ . ويعرف من الجداول الفلكية السنة اليوليوسية واليوم المقابل ليوم أول يناير من أى سنة فى العهد المسيحى . فمثلا ظهر يوم أول يناير عام ١٩٢٠ يكون قد انقضى ٣٢٥٢٢٢٤ يوما .

## تعيين عيد الفصح عيد الربيعين

وضعت قواعد كثيرة لتعيين اليوم الذى يقع فيه هذا العيد فى أى سنة . والقاعدة الأساسية : هو أن هذا العيد يقع فى أول يوم أحد بعد البدر الذى يقع عند أو بعد الاعتدال الربيعى . وحسابه يتبع ما يأتى :

- ( ١ ) يقسم عدد السنة على ١٩ ولنفرض أن الباقي هو
- ( ٢ ) يقسم عدد السنة على ١٠٠ ولنفرض الخارج ب والباقي >
- ( ٣ ) يقسم ب على ٤ ولنفرض أن الخارج د والباقي ى
- ( ٤ ) يقسم ( ب + ٨ ) على ٢٥ ولنفرض هو ف
- ( ٥ ) يقسم ( ب - ف + ١ ) على ٣٠ ولنفرض الباقي هـ

٦) يقسم ( ١٩ + ب - ٤ - ٦ + ١٥ ) على ٣ ، ونفرض الباقي هـ .

٧) يقسم ( ح على ٤ ونفرض الناتج والباقي ك

٨) يقسم ( ٣٢ + ٢ ي + ٢ و - هـ - ك ) على ٧ ونفرض الباقي ل

٩) يقسم ( ١ + ١١ هـ + ٢٢ ل ) على ٤٥١ ونفرض الخارج م

١٠) يقسم ( هـ + ل - ٧ م + ١١٤ ) على ٣١ ونفرض الخارج ن

والباقي ح .

ينتج من هذا أن ن هو الشهر من السنة الذي يقع فيه عيد الفصح ؟

ح + ١ اليوم من الشهر .

### شم النسيم

هو عيد قومي يحتفل به المصريون كافة منذ أقدم العصور في التاريخ .  
ويقع في أوائل فصل الربيع حيث تبدأ رياح الخماسين الهوجاء . ويحدد  
باعتبار أنه اليوم التالي لعيد القيامة ، ولما كان هذا الأخير يتبع في تحديده  
دورة القمر نجد أن شم النسيم ينتقل خلال شهر ابريل وأول شهر مايو من  
كل عام ويرى البعض أن بدأ الخليقة كان في الربيع . وإن خروج بني اسرائيل  
من مصر كان ليلة ١٤ نيسان العبري حيث كان القمر بدرا ، وأن بشارة مريم  
العذراء بعيسى عليه السلام كان في ذلك الوقت ، وأنه كان مبدأ السنة المصرية  
القديمة . فلما اعتنق المصريون المسيحية وجدوه يقع في وسط الصيام فأخروه  
إلى ثاني يوم عيد الفصح . أما المسيح عليه السلام فقد روى المؤرخون  
أن حادث الصلب كان في يوم الجمعة الموافق ١٥ نيسان العبري الموافق

حينئذ ٢٩ برمهات . وأن قيامة المسيح كانت في يوم الأحد التالي مباشرة .  
وهناك اعتبارات دينية وملايسات تاريخية مختلفة في تعيين تاريخ هذا  
اليوم -- شمس النسيم -- يضيق المقام هنا عن شرحها وللاستاذ محمد بك كامل  
شاكر رسالة قيمة فيه ، يحسن لمن أراد الاستزادة الرجوع إليها . وسنكتفي  
هنا بشرح إحدى طرق تعيينه وهي كما يأتي :

١ - يطرح من السنة الميلادية العدد ٢٨٤ لتعين السنة القبطية المقابلة  
لأن التقويم القبطي يبدأ في عاش ٢٨٤ ميلادية .

٢ - يعين العدد الذهبي للسنة القبطية وذلك بطرح واحد منها ثم قسمة  
الباقى على ١٩ . فباقي القسمة ولنفرض أنه د هو العدد الذهبي . وذلك لأن  
سنة ١ للشهداء كان ترتيبها ١٩ من الدورة الميتونية .

٣ - نضرب العدد الذهبي في ١١ وهو الفرق بين طولى السنة القبطية  
والقمرية ثم نقسم حاصل الضرب على ٢٠ فالباقي هو ما يعرف بأبسطى  
القمر ولنرمز له بالحرف ع . وهذا يوصلنا لمعرفة عمر القمر في مبدأ السنة  
القبطية فلو فرضنا أن العدد الذهبي هو ٩ فإن ع تساوى ٩ وهو عمر القمر في  
مبدأ السنة القبطية .

---

أبسطى القمر يوصلنا إلى معرفه عمر القمر في مبدأ السنين القبطية ومن ثم  
تقدير عدد الأيام من الشهر القبطي التي يكون في نهايتها ذبح الخروف  
ذبح الخروف هي أيام البدور أو أيام ١٤ من الشهر العربي التالى للشهر الذى  
يتبعه وفيه شهر برمهات القبطي .

٤ - إذا كانت ع أكبر من ١٠ نطرح من ١٠ وإذا كانت أقل من ١٠ نطرح من ١٠ وذلك لأن عمر القمر x تاريخ ذبح الخروف = ٤٠ . فإذا كان باقى الطرح أقل من ٢٥ فهو عدد الأيام التى تمضى من برمودة ونهايتها فصيح اليهود . وإذا كان باقى الطرح بين ٢٥ ، ٣٠ فهو عدد الأيام التى تمضى من برمهات ويكون فى نهايتها فصيح اليهود .

مثال لتحين شم النسيم عام ١٩٤٩

$$١ - ١٩٤٩ - ٢٨٤ = ١٦٦٥$$

$$٢ - \frac{١ - ١٦٦٥}{١٩} = ٨٧ \text{ والباقي } ١١$$

$$٣ - \frac{١١ \times ١١}{٣٠} = ٤ \text{ والباقي } ١$$

ع أقل من ١٠

$$\therefore ١٠ - ١ = ٩ \text{ برمودة} = \text{فصح اليهود} .$$

∴ أول برمودة هذا العام هو يوم سبت . ∴ ٩ برمودة يوم أحد

∴ عيد القيامة هو يوم ١٦ برمودة وشم النسيم يوم ١٧ برمودة الموافق

٢٥ أبريل .



# الباب السادس

## النجوم

الكوكبات النجومية -- أقدار النجوم -- بعد النجوم -- الحركات  
الذاتية للنجوم -- النجوم المزدوجة والثلاثية والمركبة -- النجوم  
المتغيرة -- النجوم الجديدة -- النظام المجرى -- الجموع النجومية

## الكواكب النجومية

قسمنا الاجرام ثلاثة أقسام هى النظام الشمسى والنجوم والسدائم وقد  
تكلمنا عن الأولى . أما النجوم فشمس وشمسنا نجم متوسط . ولقد قسم  
القدامى النجوم التى ترى على سطح فيه السماء إلى مجموعات كثيرة ، ووضعوا  
لكل مجموعة رسماً يمثل صورة إنسان أو حيوان ، وأسموا هذه المجموعات  
بأسماء مختلفة . وأطلق اليونانيون على هذه المجموعات أسماء أبطال قصصهم  
الخرافية الشهيرة ، واسموا كل نجم منها باسم العضو الذى يقع عليه من الصورة  
ليتسنى لهم الاستدلال عليها فى السماء بسهولة .

ولقد اسمى بطليموس فى كتابه المجسطى ثمانية وأربعين مجموعة رئيسية

وعندما حمل العرب لواء المدنية ونقلوا علوم اليونانيين استعربوا أسماء بعض هذه المجموعات من اليونانية وكان لبعض الآخر أسماء عربية بحته . أما النجوم الخارجة عن الأشكال المصورة للمجموعات فكانت تسمى عندهم بالنجوم الخارجة أو الغير المشكلة .

ولما تقدمت الملاحة البحرية في نصف الكرة الجنوبي زاد عدد النجوم عما كان يعرفه القدامى فأضاف الفلكيون مجموعات أخرى جديدة . ويطلق على المجموعات النجومية هذه (الكوكبات) . وبلغ عددها حتى الآن تسعة وثمانين منها ثمانية وعشرون في نصف الكرة الشمالي واثنى عشر حوالى الدائرة السكسوفية وهى الكوكبات البروجية والباقي وقدره تسعة واربعون في نصف الكرة الجنوبي وهى :

الكوكبات الشمالية : المرأة المسلسلة . العقات . ممسك الأعنة . العواء الزرافة . ذات الكرسي . قيفاوس . شعر برنيقة . الأكيل الشمالى . الفرس الأعظم . برشاوش . السهم . كلاب الصيد . الدجاجة . الدلفين . الفرس الأصغر الجاثى . الورل . الأسد الصغير . الفهد . السلياق . الحواء . الحية . المثلث الدب الأكبر . الدب الأصغر . الثعلب .

الكوكبات البروجية : الحمل . الثور . الجوزاء . السرطان . الأسد . النبتة الميزان . العقوب . القوس . الجدى . الدلو . الخوت

الكوكبات الجنوبية : الآلة المفرغة . طائر الجنة . المحمرة . السفينة . قلم النحات . الكلب الأكبر . الكلب الأصغر . القرنية . قنطورس . قيطس .

الحرباء . الأكليل الجنوني . الغراب . الباطية . الصليب الجنوبي . التنين .  
النهر . الفرائس . الكيماوى . الكركي . الساعة ذات البندول . الشجاع .  
الهندي . الأسد . الأرنب . السمع . الصاري . الجبل المائدي . الميكروسكوب  
وحيد القرن . النحلة . المربع . الثمن . الجبار . الطاووس . العنقاء . كرسي  
المصور . الحوت الجنوبي . السكوثل . البوصلة البحرية . الشبكة . معمل  
النحات . الدرع . السدس . المنظار . المثلث الجنوبي . التوكان . القساع .  
السماك الطيار .

وقد عدا الكوكبات المستحدثة بسبب معرفة تار يخ تسمية الصور  
بأسمائها الموروثة الآن بالتحديد . ومن المحقق أن الكثير منها يرجع في  
تسميته إلى ما قبل الميلاد بنحو ألف سنة

وجدير بالملاحظة أن هذه المجموعات من النجوم لا تبدل أشكالها في  
السماء على صور الأشياء المسماة باسمائها اللهم إلا في مخيلة أول من سموها .  
فالسبعة نجوم الرئيسية في كوكبة الدب الأكبر مثلا ، والتي تكون الهيكل  
الرئيسي لصورة دب يمكننا مع قليل من العناء أن نكون منها صورة حيوان  
آخر كالكلب أو الأسد مثلا . هذا فضلا عن أنه يوجد في مجموعة الدبين  
ثلاثة نجوم تمثل ذنبا طويلا لكل منهما مع أن المعروف أن الدب ليس له  
ذناب ، وكذلك يمكن توجيه انتقادات مختلفة في تسمية الكوكبات الأخرى

ويلاحظ أيضا أنه بلغ عدد الصور فلا بد أن يبقى الكثير من  
النجوم خارج كل صورة ، ولذلك اتفق الفلكيون على حفظ أسماء الصور

بصرف النظر عن أشكالها ، ولكنهم وضعوا لها حدودا في الأطالس  
النجومية ، وهذه الحدود عبارة عن أقواس من دوائر المطامع المستقيم  
ومتوازيات لدوائر الميل كما يعمل في تحديد الممالك ، وهذه الوسيلة لا تبقى هناك  
نجوم خارج الصور .

ومنذ اخترع المنظار زاد عدد ما يعرف من النجوم ازديادا كبيرا ولم  
يعد يكف تسمية كل نجم باسم العضو الذي يقع عليه من الصورة لحصرها  
جميعا ، ولذلك اتفق على حفظ الأسماء القديمة التي عرفت بها بعض النجوم  
الاسمية ، أما الأخرى فيرمز إليها بحرف من حروف الهجاء اليونانية على  
حسب ترتيب درجة لمعانها ، وما تبقى بعد ذلك يرمز إليه بحرف من حروف  
الهجاء الرومانية على حسب ترتيب درجة لمعانها أيضا ، فإن تبقى بعد ذلك  
شيء يرمز إليه بالأرقام العددية

فالنجم ( ١ ) من كوكبة الحمل هو ألمع نجومها ، ويليه ( ب ) وهكذا  
حتى نهاية الأربع وعشرين حرفا . ثم يبدأ بأول حرف من الحروف اليونانية  
وهكذا إلى نهايتها ، ثم تتبعها النجوم مرموزا لها بالأرقام ٢ ، ١

والجدول الآتي يشتمل على أسماء ألمع النجوم في مدى رؤيه العين  
المجردة ومواقعها في السماء وبعد كل منها بالسنتين الضوئية .

## النجوم اللاحقة

اسم النجم	المطالع المستقيم المتوسط	الميل المتوسط	البعد بالسنين الضوئية
الشعري الثمانية	٤٣ ٦	٢٨ ١٦ -	٨٢٦
سميل	٢٣ ٦	٤٠ ٥٢ -	٦٥٠
رجل قنطورس	٣٦ ٠٤	٢٧ ٦٠ -	٤٢٣
السمك الراج	١٣ ١٤	٢٨ ١٩ +	٤١
العيوق	١٣ ٥	٥٧ ٤٥ +	٤٧
النسر الواقع	٢٦ ١٨	٤٤ ٢٨ +	٢٦
رجل الجبار	١٢ ٥	١٦ ٨ -	٥٤٠
أنشغري الشامية	٣٦ ٧	٢٢ ٥ +	١٠٠٥
منكب الجوزاء	٥٢ ٥	٢٤ ٧ +	١٩٠
آخر النهر	٣٥ ١	٣١ ٥٧ -	٦٦
الدبران	٣٣ ٤	٢٤ ١٦ +	٥٧
ب قنطورس	٠٠ ١٤	٠٦ ٦٠ -	٣٠٠
الصليب الجنوبي	٢٤ ١٢	٤٨ ٦٢ -	٢٣٠
قاب العقرب	٢٦ ١٦	١٩ ٢٦ -	٣٨٠
السمك الأعزل	٢٢ ١٣	٥٢ ١٠ -	٣٣٠
فم الحوت	٥٥ ٢٢	٥٥ ٢٩ -	٢٤
قلب الأسد	٠٥ ١٠	١٤ ١٢ +	٥٦
الردف	٤٠ ٢٠	٠٥ ٤٥ +	٦٠٠
النسر الطائر	٤٨ ١٩	٤٣ ٨ +	٩٦

ونظرا لأن الكوكبات لم تزل تعرف بأسمائها اليونانية القديمة في جميع  
تولقات الفلك الحديثه رغم اختلاف اللغات رأينا من الضروري أن  
نأتى هنا بأسمائها التي كانت معروفة بها لدى العرب ونظيراتها في اليونانية ليسهل  
على القارىء معرفتها في المراجع الحديثه في اللغات الأخرى يجهدها القارىء في  
جدول المراتفات الفلكية الذى أفردنا له الباب الثانى عشر ، وقد رمزنا إليها  
والى الكوكبات بالعلامة ×

## علامات البروج

قلنا في موضع آخر أن نقطة الاعتدال الربيعى اتخذت مبدأ لقياس  
المطالع المستقيمة للأجرام السماوية. ولقد قسمت الدائرة السكسوفية إلى اثني  
عشر جزءا طول كل منها ٣٠° ، سمي كل منها باسم البرج الذى يقع فيها  
ونظرا لتقهقر الاعتدالين فان هذه الأجزاء لم تعد تنطبق على الكوكبات  
النجومية التى سميت بأسمائها منذ القدم ( البروج ) فقد تقهقرت نقطة الاعتدال  
الربيعى منذ ذلك الحين من برج الحمل إلى برج الحوت ونقطة الاعتدال الخريفى  
من برج الميزان إلى برج السنبلة .

من أجل هذا استعملت كلمة (علامة برج ) للدلالة على الأقسام السداسية  
الذكر من الدائرة السكسوفية ، لا على البروج نفسها. والجدول الآتى يبين أسمائها  
والرموز الفلكية المستعملة للدلة عليها وأوقات دخول الشمس في كل منها  
على وجه التقريب .

ويبلغ عرض منطقة البروج حوالى ٨ درجات على كل من جانبي الدائرة  
الكسوفية وفي هذا النطاق من سطح الكرة السماوية تتحرك الشمس والقمر  
ومعظم الكواكب السيارة ، ومن هذه الناحية كانت لهذه البروج أهميتها  
في الدراسات الفلكية القديمة

علامات البروج	الرموز الفلكية	أوقات دخول الشمس فيها بالقرب
الحمل	♈	٢١ مارس
الثور	♉	٢٠ أبريل
التوأمان	♊	٢١ مايو
السرطان	♋	٢٢ يونيو
الأسد	♌	٢٣ يوليو
السنبلة	♍	٢٣ أغسطس
الميزان	♎	٢٣ سبتمبر
المقرب	♏	٢٤ أكتوبر
القوس	♐	٢٢ نوفمبر
الجدي	♑	٢٢ ديسمبر
الدلو	♒	٢٠ يناير
الحوت	♓	١٩ فبراير

### منازل القمر

لاحظ القدماء منذ أقدم العصور تحرك القمر بين النجوم الثابتة أثناء  
أشهر القمرى، وعرفوا النجوم التي يمر قريبا منها في كل يوم من أيام رحلته

الشهرية. وقسموا هذه المنطقة من سطح الكرة السماوية إلى ٢٨ قسماً متساوية سماها العرب « منازل القمر » اتخذوها في بعض الأحيان خط القياس في تعيين مواقع الكواكب السيارة والنجوم الأخرى في السماء. واستدلوا من شروقها عند شروق الشمس على أحوال الطقس. ولقد دلت الوثائق التاريخية على أن منازل القمر كانت معروفة عند الصينيين منذ أجيال عديدة قبل مولد المسيح.

ويمكن القارئ الاستدلال على النجوم التي تدل عليها من الرسالة رقم ٣٩ من رسائل مرصد حلوان العلمية. ومنازل القمر كما كانت معروفة عند العرب هي: الشرطان والبطين والثرى والدبران والحقعة والمنعمسة والذراع المبسوطة والنثرة والطرف وجبهة الأسد والزبرة والصرفة والعوام والسمك الأعزل والغفر والزبانان والآكليل وقلب العقرب والشولة والنوصل والبلمدة وسعد ذابح وسعد بلع وسعد السعود وسعد الأخبية والفرغ الأول والفرغ الثاني والرشا.

### أقدار النجوم

وتنقسم النجوم من حيث تفاوتها في قوة اللمعان إلى أقسام تسمى «أقدار» ولقد قسم هباركس وبطليموس النجوم التي يمكن رؤيتها بالعين المجردة إلى ستة أقدار فأكثرها ضياء يعد من المقدر الأول والذي يليه من المقدر الثاني وهكذا.

وما زال هذا المقياس مستعملاً حتى الآن: ولقد اكتشف السير جون



هرشل عام ١٨٢٧ عند مقارنته النجوم المختلفة الأقدار أن النجم الذي من القدر الأول يشع من الضوء ما يعادل مائة مرة بحجم من القدر السادس. ووجد بوجسون عام ١٨٥٤ أن قوة الاضاءة لنجم من القدر الأول تعادل مرتين ونصف قوة اضاءة نجم من القدر الثاني، وهذه الأخيرة تعادل مرتين ونصف قوة اضاءة نجم من القدر الثالث وهكذا. أي أن قوة الاضاءة لنجم من القدر الأول تعادل  $2 \times 2.5 = 5$  قوة اضاءة نجم من القدر الثالث. والواقع أن هذه النتيجة تتفق مع ما اكتشفه هرشل قبل ذلك إلى حد كبير فلو كانت أقدار النجوم تتفاوت عن بعضها بفروق متساوية، وأن قوة اضاءة نجم من القدر الأول تعادل مائة مرة قوة اضاءة نجم من القدر السادس نجد أن كل قدر يزيد عما يليه اضاءة بمقدار  $2.5^{12}$ . ومن ذلك يتضح أن

$$\text{قوة اضاءة نجم من القدر } s = \frac{2.5^{12}}{2.5^{s-1}} \quad (s - 1)$$

ولا تعدل هذه الأقدار إلا على درجات النجوم الظاهرية فبحسب فالنجم الذي من القدر الخامس قد يكون صغيرا بالفعل ولسكنه قريب من النظام الشمسي وقد يكون كبيرا ولكنّه بعيد عنه وقد يكون ثمة نجمين متساويين في الحجم ولكنهما يختلفان من حيث قوة الاضاءة بسبب اختلاف بعدهما عن النظام الشمسي أو درجة حرارتهما. والجدول الآتي يشتمل على نجوم مختلفة جميعها من القدر الأول ولكنّها تختلف عن بعضها اختلافا كبيرا في كمية الضوء الحقيقية التي تشعها كل منها

النجم	كمية الضوء	النجم	كمية الضوء
الشعري اليمانيه	١٠٠٠	النسر الطائر	٤٥٠
النسر الواقع	٦١٧	الشعري الشامي	٤٤٥

## أقذار النجوم الفوتوغرافية

ولقد كان لاستخدام الفوتوغرافيا في أخذ الأرصاد الفلسكية فوائد عظيمة إذ أمكن بواسطتها الاقتصار الكبير في الوقت، وفضلا عن ذلك فقد أتيح بواسطتها رصد النجوم ذوات الأقذار العالية إلا بعد من مدى رؤية العين المجردة، ولهذا صار من الضروري دراسة خاصية التسجيل الفوتوغرافي في دراسة واقعية لتعيين قوة أعضاء النجوم التي تسجلها الألواح الفوتوغرافية، وسوف نقصر كلامنا هنا عن التسجيل الفوتوغرافي على ما يتصل بتعيين أقذار النجوم

ومن البديهي أن النجوم المختلفة الاقذار تكون صوراً على الألواح الفوتوغرافية ذوات أحجام مختلفة، فالنجم الأملح نسبياً تكون صورته الفوتوغرافية أكبر من النجم الأقل لمعاناً. ومن ناحية أخرى فقد وجد أن الألواح الفوتوغرافية أكثر تأثراً بالألوان الأقرب إلى ناحية الأزرق من المقياس الطيفي منها إلى الألوان الحمراء أو القرمزية من الحمراء ولهذا يستعمل الضوء الأحمر في المعامل الفوتوغرافية أثناء عمليات التحميض لأنه أقلها تأثيراً في الألواح والأوراق الفوتوغرافية فلا يخشى عايتها منه. من أجل ذلك نجد أنه لو كان هناك نجمان متساويان في القدر البصري أحدهما أزرق والآخر أحمر فإن صورتهما على اللوحة الفوتوغرافية ستكونان مختلفتين ويبدو الأول أكبر من الثاني، ومن ثم يظن بأنه أملح منه ضياء وتسمى الأقذار المستنبطة من أرصاد فوتوغرافية الأقذار الفوتوغرافية،

ومن الواضح أن الفرق بين القدر الفوتوغرافي والقدر البصري للنجم

ما كمية ثابتة تدل على لون النجم وتعرف بمعامل اللون (Colour Index)

معامل اللون = القدر الفوتوغرافى - القدر البصرى .

أما نقطة الصففر على المقياس الفوتوغرافى فقد اتفق على أن تكون بحيث يكون القدر الفوتوغرافى لنجم من القدر السادس ومن المرتبة (١) صففر حسب تصنيف مرصد هارفارد مساويا لقدره البصرى

والعلاقة التى بين الأقدار الفوتوغرافية هى بعينها التى بين الأقدار البصرية المذكورة آنفا

وقد وجد فى السنين الأخيرة أنه باستعمال ألواح فوتوغرافية أيسو كروماتيكية Isochromatic ومعها مرشح ضوئى أصفر فإن الأقدار كما تسجلها الألواح تساوى تقريبا أقدارها البصرية . وتسمى الأقدار التى تعين بهذه الطريقة الأقدار الفوتوغرافية البصرية .

### عدد نجوم الأقدار المختلفة

الجدول الآتى يبين عدد النجوم الحكى إلى نهاية مراتب الأقدار التى تقابلها فضلا بمجموع عدد النجوم التى أقدارها من صففر إلى نهاية القدر الخامس هو ٤٧٥٠ بصريا ، ٣١٥٠ فوتوغرافيا .

إلى القدر	بصريا	فوتوغرافيا
الثاني	٤١	٢٨
الثالث	١٣٨	١١١
الرابع	٤٥٤	٣٠٠
الخامس	١٤٨٠	٩٥٠
السادس	٤٧٥٠	٣١٥٠
السابع	١٤٩٦٠	٩٨١٠
الثامن	٤٥٧١٠	٢٢٣٦٠
التاسع	١٣٤٠٠٠	٩٧٤٠٠
العاشر	٣٧٣٠٠٠	٢٧١٨٠٠

وأقصى ما تستطيع رؤيته العين المجردة هو مدى القدر السادس  
وتلي الأكثر القدر السابع ، وعلى ذلك فعدد ما يمكن رؤيته بالعين المجردة  
من النجوم محدود ويقدر بنحو عشرة آلاف على أكثر تقدير ، غير أنه لا  
يرى منها في أى وقت إلا نحو ثلثها لأن الباقي يكون تحت الأفق ، وهذا العدد  
أقل بكثير مما يتصوره عادة عامة الناس .

ولو أننا اتخذنا قوة إضاءة نجم من القدر الأول وحدة للمقارنة لوجدنا  
أن الثمانية نجوم التي أقدارها بين الصفر والقدر الأول ، تعادل في ضوئها  
١٤ نجما من نجوم القدر الأول ، وأن أقصى كمية من ضوء النجوم بين قدرين

متتالين هي تلك للنجوم التي بين القدرين التاسع والعاشر وعددها ١٧٤٠٠٠ نجم فضوؤها يعادل ضوء ٦٩ نجما من نجوم القدر الأول. ويعادل ضوء كل النجوم ضوء ٧٠٠ نجم من القدر الأول الفوتوغرافي أو ما بين ٩٠٠، ١٠٠٠ نجم من القدر الأول البصري. وتعرف أقـدار النجوم من الجداول والمصنفات الفلكية .

والقدر الفوتوغرافي للقمر يدرا هو - ١١.٢ ومن ذلك يتضح أن ضوءه يعادل مائة مرة ضوء النجوم مجتمعة .

والجدول الآتي يشتمل على الأقدار الظاهرية للمجموعة الشمسية :

الشمس — ٢٦.٦٠	عطارد — ٩.٠
القمر — ١١.٧٧	زحل + ٨.٨
الزهرة — ٤.٢٨	أورانوس + ٥.٨٦
المشتري — ٢.٣٥	نبتون + ٧.٦٦
المريخ — ١.٧٩	

### الأقدار المظلمة

من البديهي أن القدر الظاهري لجرم سماوي يختلف باختلاف بعده عنا ، ومن المعروف أن الضوء من مصدر ضوئي يقل اضطرابا بزيادة مربع المسافة بيننا وبينه . ولهذا فإنه لا يمكننا مقارنة درجة توهج نجمين بالضوء إذا كان بعدهما منا مختلفين، إلا بعد تقدير قدرهما عندما يكونان على بعدين متساويين منا .

ولقد اتفق على اتخاذ المسافة ١٠ پارسك (وهي تعادل اختلافا ظاهريا يساوى ثانية قوسية) وحدة أساسية لهذا الغرض ، وقدر الجرم السماوى عندما يكون بعده عنا يساوى ١٠ پارسك يسمى القدر المطلق ، والعلاقة الآتية تربط القدر الظاهرى والقدر المطلق والاختلاف الظاهرى ، مقدارها بالثواني القوسية ، وهي مستنبطة على أساس القواعد المسافة

$$ق م = ق ط + ٥ + ٥ لوف$$

باعتبار أن ق م = القدر المطلق

ق ط = القدر الظاهرى .

ف = الاختلاف الظاهرى .

ومن هذه العلاقة يتضح أنه من الممكن تعيين الاختلاف الظاهرى لنجم ما ومن ثم بعده ، إذا عرف كل من قدره المطلق والظاهرى .

### قياس بعد النجوم

النجوم جميعها بعيدة عنا بعدا كبيرا ، ولذلك فإننا لو نعبر عن أبعادها بوحدات الطول المعروفة كالميل والكيلومتر لاضطررنا إلى استخدام أرقام كثيرة جدا ، من أجل ذلك ، تعرف أبعاد النجوم فى الفلك باختلافاتها الظاهرية (Parallax) وهى التى تنشأ من دوران الأرض حول الشمس أثناء السنة ، فالانجاء الذى يرى فيه نجم ما يتغير دوريا نتيجة لحركة الأرض فى الفضاء السماوى حول الشمس . فالنجم ن يرى فى الاتجاه ١ ن حيث تكون الأرض فى نقطة ١ من مدارها . وبعد ستة شهور تكون الأرض

تقد بلغت النقطة ب من مدارها وترى هذا النجم في الاتجاه ب ن وفي أثناء هذه المسيرة وإلى أن تبلغ الأرض مرة أخرى النقطة ا من مدارها يقع الاتجاه الذي يرى فيه النجم بين الاتجاهين ا ن ، ب ن . والفرق بين هذين الاتجاهين هو الزاوية ا ن ب وهي الاختلاف الظاهري للنجم ن (أنظر الشكل ٧)

فالاختلافات الظاهرية للنجوم هي الزوايا التي تقع النجوم عند رؤسها والضلع المقابل لها هو نصف قطر مدار الأرض حول الشمس. وطوله ٩٣ مليون ميلا . ومن الواضح أن هذه الزوايا تقل كلما زاد بعد النجم في أعماق الفضاء .

وتقد ذكرنا آنفا أن البارسك وهو الذي اتخذ وحدة مسافات ، في تقدير الأقدار المطلقة هو البعد الذي يكون الاختلاف الظاهري عنده يساوي ثانية قوسية واحدة . ومن ثم فالاختلافات الظاهرية التي تساوي ١ ، ١٠ ، ١٠٠ ، ١٠٠٠ من الثانية القوسية تعادل ١٠ ، ١٠٠ ، ١٠٠٠ بارسك على التوالي .

وهناك وحدة أخرى لقياس أبعاد النجوم وهي السنة الضوئية ، وهي عبارة عن المسافة التي يقطعها الضوء بسرعة ١٨٦٠٠٠ ميل في الثانية في زمن قدره سنة ، وتعادل ٦٣ ألف مرة المسافة بين الأرض والشمس .

ونظرا إلى أن معظم النجوم بعيدة جدا ، فإن من المتعذر جدا قياس اختلافاتها الظاهرية ، وليس هناك سوى عدد قليل جدا منها مما أمكن

قياس اختلافه الظاهري. والطريقة المتبعة في ذلك هي أخذ لوحة فوتوغرافية للنجم المطلوب تعيين اختلافه الظاهري ولوحة أخرى بعد ستة شهور. ثم تأخذ بعد ستة شهور أخرى، ثم تقارن مواقع النجم في الألواح الثلاثة بالنسبة للنجوم الأخرى القريبة منه.

والجدول الآتي يشتمل على أسماء النجوم ذوات الاختلاف المركزي الكبير، وأبعادها بالسنين الضوئية، ووضوئها باعتبار ضوء الشمس وحده ومراتبها الطيفية وحركاتها الذاتية، التي سيأتي الكلام عنها فيما بعد.

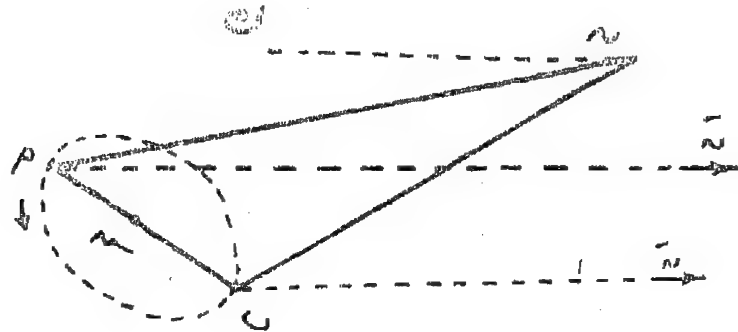


النجم	الحركة الذاتية ثانية قوسية	الاختلاف الظاهري ثانية قوسية	البعد بالسنين الضوئية	المنوء باعتبار الشمس = 1	المراتب الطيفية
الأقرب من سنطوري	٣٠٨٥	٠.٧٩	٤.١	٠.٠٠٠١	—
١ سنطوري	٤.٦٨	٠.٧٦	٤.٣	١.٣	ح صفر
ميونخ ١٥٤٠	١٠.٢٩	٠.٥٣	٦.٢	٠.٠٠٠٥	ب
لاند ١١١٨٥	٤.٧٤	٠.٤١	٧.٩	٠.٠٥٤	ب
الشعري المائة	١.٣٢	٠.٣٨	٨.٦	٣.٠	أ صفر
كوردوبا ٧٠٨٢٤٣	٨.٧٥	٠.٣٢	١٠.٢	٠.٠٢٢	ك ٢
T قيطس	١.٩٢	٠.٣٢	١٠.٢	٣.٥	ك صفر
النهري	٠.٩٧	٠.٣١	١٠.٥	٣.١	ك صفر
الشعري الشامية	١.٢٤	٠.٣٠	١٠.٩	٧.٠	ف ٥
٦١ الدجاجة	٥.٢٤	٠.٣٠	١٠.٩	٠.٦٤	ك ٥

ويتضح من هذا الجدول :

أولاً — أن النجوم ذوات الحركة الذاتية السكبيرة قريبة بوجه عام من النظام الشمسى .

ثانياً — إن النجوم المذكورة في هذه الجدول كلها من الأقزام (الصغيرة) ولها مراتبها الطيفية من المراتب المتأخرة فى السلسلة الطيفية .



والآن لو فرضنا أن  $\alpha$  نجما من النجوم اللامعة  $\gamma$  من النجوم الخافتة كما يدوان فى المنظار وافترضنا لهذا السبب أن أولهما أقرب إلى الأرض من الثان وأن ش الشمس  $\alpha$  موقع الأرض من مدارها فى أول مارس  $\gamma$  موقعها فى أول سبتمبر أى بعد ستة شهور .

وبفرض أن  $\alpha$  بعيد بعداً كافياً فإنه بقياس الزاويتين  $\alpha$  و  $\beta$  فى أول مارس ثم  $\beta$  و  $\alpha$  فى أول سبتمبر باعتبار  $\alpha$  و  $\beta$  متوازيان فاذا رسمنا الخط  $\alpha\beta$  موازياً لهما نجد أن :

$$\begin{aligned} \angle \alpha \beta \gamma &= \angle \alpha \gamma \beta \\ \angle \beta \gamma \alpha &= \angle \beta \alpha \gamma \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{وعليه نجد أن } \angle \text{إه ب} = \angle \text{ب ه ل} = \angle \text{إه ل} \\ & = \angle \text{ه ب ه} - \angle \text{ه ا ه} \end{aligned}$$

وهذا هو الاختلاف الظاهري للنجم ه وكلتا الزوايتين يمكن تعيينهما بالرصد وبما أن الخط  $\text{إه ب} = ١٨٦$  مليون ميل نجد أنه من الممكن تقدير بعد نجم مثل ه بالأميال وذلك برصد اختلافه الظاهري عندما يكون  $\text{إه ب}$  عموداً على  $\text{إه ا}$ .

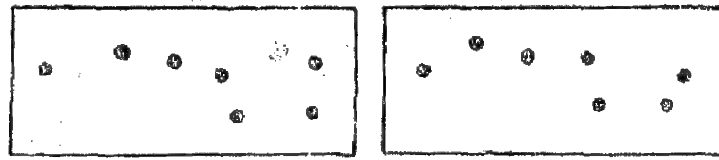
### حركات النجوم الذاتية<sup>(١)</sup>

ذكرنا آنفاً أن الكوكبات تحتفظ بأشكالها المعروفة جيلاً بعد جيل ، وأن مواقع النجوم بالنسبة إلى بعضها البعض هي الآن كما كانت معروفة عند القدماء ، ولهذا السبب اسموها النجوم الثابتة تمييزاً لها عن الكواكب السيارة وظل الناس يعتقدون بثبوت النجوم أجيالاً طويلة حتى فجر القرن الثامن عشر عندما اكتشف هالي عام ١٧١٨ أن مواقع النجوم الثلاثة : الشعري اليمانية والسماك الرامح والدبران قد تغيرت تغيراً محسوساً بالنسبة للنجوم المجاورة لها منذ عهد هباركس ( القرن الثالث ق .م ) ، وذلك الأرضاء بعد ذلك على أن الشعري اليمانية تتحرك في السماء بمعدل ١,٣ ثانية قوسية في العام الواحد أو ما يزيد على ثلث الزاوية المحصورة بين حافتي القمر عند الأرض في زمن قدره ألفين سنة .

ونظراً لما هذا الاكتشاف من الأهمية قام الكثير من الفلكيين بعد

هالى يتعمين مواقع النجوم بكل دقة مرات عديدة لاستنباط تحركاتها فى السماء وذلك بمقارنة مراقبتها فى سنين متباعدة . وتمكن الاستاذ لويس بوس - بمقارنة الأرصاد المختلفة منذ عام ١٧٥٥ - من استنباط الحركات الذاتية لنيف وستة آلاف نجم نشرها فى عام ١٩١٠ فى كتابه المشهور المسمى :

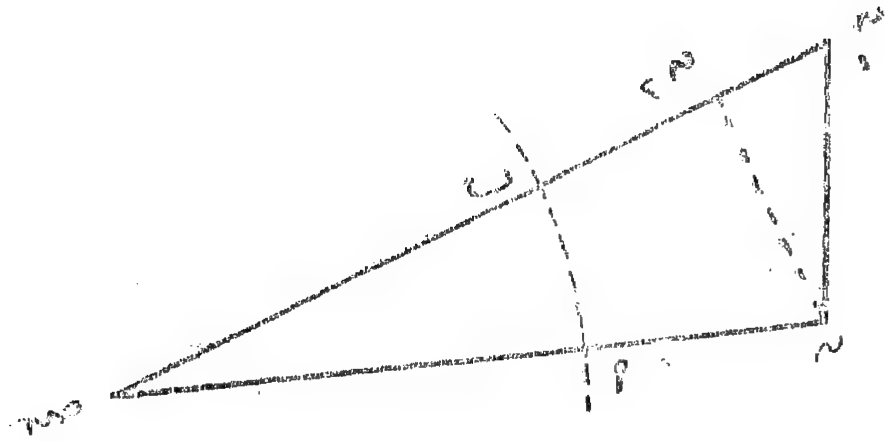
ولم تزل الحاجة ماسة الى تقدير الحركات الذاتية لعدد أكبر من النجوم وتدل التقديرات الحالية على أن النجم الضئيل « برنارد » المسمى باسم مكتشفه فى ١٩١٦ من أكبر النجوم تحركا بالنسبة إلى بسيط النجوم التى تجاوره إذ تبلغ حركته الذاتية عشرة ثوان قوسية فى العام . ويباغ عدد النجوم التى قدرت حركاتها الذاتية حتى عام ١٩٢٣ بنحو ١/٢ ثانية قوسية فى العام ٧٤٩ نجما



( شكل ٢٥ )

ويوضح شكل ٢٥ مقدار التغير فى شكل كوكبه الدب الأصغر فى مدى خمسين ألف سنة بسبب الحركات الذاتية لنجوم هذه الكوكبة .

ولا يمكن استنتاج سرعة النجوم فى الفضاء من مجرد معرفة حركاتها الذاتية فقط ، بل يجب أن يعرف زيادة على ذلك أبعادها الحقيقية . وتوضح هذه الحقيقة من الشكل الآتى فأننا لو فرضنا أن النجم « ه » قد تحرك فى زمن معلوم من « ه » إلى « ه » ( شكل ٢٦ ) فأن الزاوية « ه - ض - ه » بفرض أن « ه » تمثل الأرض - هى الحركة الذاتية لهذا النجم . ولو أنه تحرك فعلا من « ه » الى « ه » بدلا من « ه » فأن حركته الذاتية هى « ه - ه - ه » وكل منهما تساوى الزاوية « ه - ه - ه »



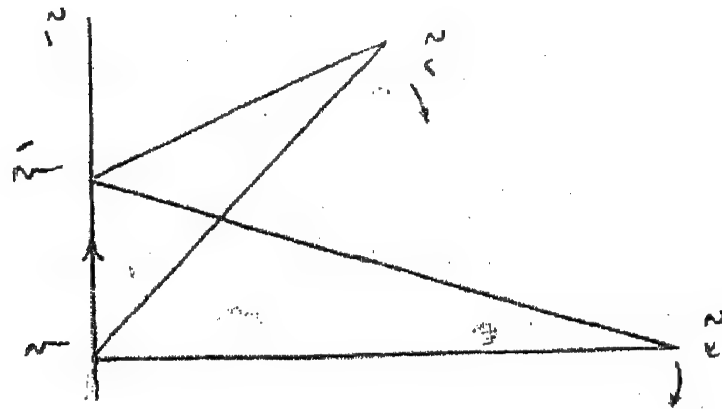
( شكل ٢٦ )

فلو عرفنا بعد النجم  $\gamma$  صر أمكننا استنباط سرعته في الاتجاه العمودي على الخط البهرى  $\gamma$  صر. أما سرعته في اتجاه هذا الخط فيمكن استنباطها باستخدام المطياف. والآن لو فرضنا جدلاً أن مركبة السرعة في الاتجاه العمودي على الخط البهرى واحدة بالنسبة للنجوم كلها، نجد أنه بقياس الحركة الذاتية لأي نجم - وهو أمر سهل نسبياً - يمكن استنباط بعده بالنسبة لنجم آخر وعلى أساس هذا الفرض فإن سرعة حركته الذاتية خمسة ثوان قوسية في مائة سنة أبعد عنا بعشرة مرات من نجم آخر حركته الذاتية ٥٠ ثانية قوسية في مائة سنة.

وليس لهذا الفرض ما يبرره، ولكن يمكن الانتفاع به لتحديد النجوم القريبة نسبياً ( أى ذوات الحركة الذاتية الكبيرة ) لتقدير أبعادها بكل دقة. وقياس الحركة الذاتية للنجوم لا بد من تعيين ومقارنة مواقعها في أزمنة متفاوتة على مدى ٥٠ سنة مثلاً، على الأقل. وقد اقترح الأستاذ كيتين طريقة أخرى أسهل نسبياً، ولا تقل عن الأولى في دقتها، وذلك بأخذ صور فتوغرافية لمناطق من السماء وحفظها بدون تحميض مدة ٥٠

سنتين مثلاً لا تم تغير بعض اللوح الفوتوغرافي نفسه مرة ثانية لضوء النجوم نفسها بعد زحزحة مقسداً معلوماً ثم تحميمه بعد ذلك ومقارنة مواقع النجوم المختلفة أثناء هذه الفترة واستنباط حركاتها الذاتية .

ولقد أثار اكتشاف عدم ثبوت مواقع النجوم احتمالاً قوياً هو تحرك النظام الشمسي نفسه وسط النجوم مما يتسبب عنه حركات ظاهرية للنجوم تلك الحركات التي أثبتتها الأرصاد والتي نسميها الحركة الذاتية . ولا يصحاح ذلك نقرض أن سم الشمس ومن حولها السيارات، تحركت أثناء زمن معين من سم إلى سم (شكل ٢٧) ولنقرض أن سم ١ سم ٢ سم ٣ ثلاثة نجوم ، فأما الأول سم ١ الذي يقع في اتجاه تحرك الشمس فإن موقعه في السماء يبقى ثابت بالنسبة لنا غير متأثر بحركة الشمس هذه ، وأما الثاني والثالث فإن حركتهما الظاهرية المنسبية عن حركة الشمس نفسها فتعينها الزاويتان ش سم ٢ سم ٣ سم ١ وإذن فلو كانت الشمس تتحرك فعلاً وسط النجوم لترتب على ذلك ما يأتي :



( شكل ٢٧ )

أولاً - أن النجوم بوجه عام تبدو متحركة في الاتجاه المضاد لحركة الشمس .  
ثانياً - أن النجوم التي تقع في اتجاه حركة الشمس أو قريبة منه تبدو غير متأثرة بهذه الحركة . أما النجوم التي تقع على بعد واحد من الشمس

وفي اتجاهات مختلفة فيكون مقدار حركتها الذاتية أكبر ما يمكن لتلك التي تقع في اتجاهات عمودية على اتجاه حركة الشمس وأقل ما يمكن التي تقع في هذا الاتجاه .

ثالثا - بالنسبة لنجمين في اتجاه واحد يكون مقدار الحركة أكبر للنجم الأقرب نسبيا من الشمس .

وتسمى الحركة الظاهرية للنجم المتسببة عن حركة الشمس هذه ( الحركة الاختلافية) <sup>(١)</sup> والنقطة التي تتحرك نحوها الشمس (اتجاه حركة الشمس) <sup>(٢)</sup>

واقد وجد السير ولیم هرشل عام ١٧٨٣ من دراسة الحركة الذاتية لعدد محدود من النجوم ، إنها إجمالا تتحرك في الاتجاه المضاد لنقطة معينة من السماء ، تقع في كوكبة الجاني بالقرب من النجم الالامع « النسر الواقع » واعتبرها اتجاه حركة الشمس في الفضاء .

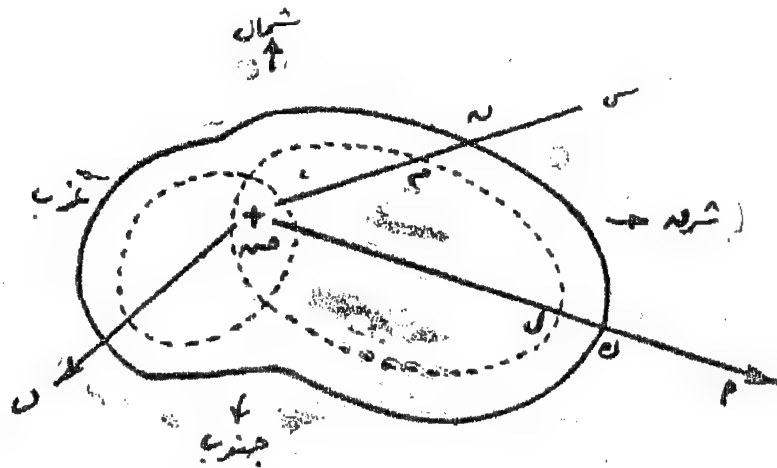
ومن الواضح أنه لا يمكن تعيين الاتجاه الذي تتحرك نحوه الشمس بكل دقة ما لم تكن لدينا تقديرات عن الحركة الذاتية لأكثر عدد من النجوم ويجب أن نتذكر أن النجوم القليلة المعروفة حركاتها الذاتية والتي عين بواسطتها السير ولیم اتجاه حركة الشمس في الفضاء ليست ثابتة كما افترضنا ، وإن حركاتها الذاتية لا يمكن أن تنسب كلها إلى أنها حركة ظاهرية متسببة عن حركة الشمس وحدها بل لابد وأن يكون بعضها مركبات حركة النجوم الحقيقية . ولقد أثبتت أرصاد حديثه على أن الاتجاه الذي تتحرك نحوه الشمس هو النقطة من سطح الكرة السماوية التي أحد أقطابها هي :

لمطلع المستقيم ١٨ ساعة  
الميل ..... ٣٠° شمالا

وهذا الاتجاه يبعد بنحو ١١° من النجم «النسر الواقع» .  
ولقد وجد بطرق أخرى أن سرعة الشمس نحو هذه النقطة تبلغ ٢٠ كيلو  
مترا في الثانية الواحدة .

### مسالك النجوم

تكلمنا عن حركات النجوم ويبدو حتما بعد ذلك أن نتساءل عما إذا كانت  
النجوم تتحرك في الفضاء وفقا لقوانين معلومة أو هي تتحرك فيه على غير هدى .  
في عام ١٩٠٤ حال الاستاذ كبتن Kapten حركات النجوم في الاتجاهات  
المختلفة لمنطقة صغيرة من السماء ووجد أن عدد النجوم التي تتحرك في اتجاه  
معين تختلف باختلاف هذا الاتجاه كما يتضح ذلك من الرسم البياني الآتي :



( شكل ٢٨ )

فطول الخط ن ص يمثل عدد نجوم المنطقة التي تتحرك في الاتجاه ص س  
والخط ك ض يمثل عدد نجوم المنطقة التي تتحرك في الاتجاه ض ا وهكذا





وقد تبدو النجوم مزدوجة لأنها تقع على خطوط بصرية واحدة تقريبا وفي هذه الحالة لا تربط مركبتى نجم من هذا النوع علاقة طبيعية خاصة، لأن المسافات بينهما تكون كبيرة جدا، وتسمى هذه النجوم المزدوجات البصرية ومع ذلك فثمة مزدوجات على أبعاد متساوية منا تربط مركبة الواحدة منها بالمركبة الأخرى ارتباط طبيعي وتدوران حول مركز الثقل المشترك لهما وتسمى المزدوجات التي من هذا النوع المزدوجات الحقيقية (١) . وتطبقا لقانون الجاذبية العام تدور كل مركبة من هذه المزدوجات في قطاع اهليلجى حيث يكون مركز الثقل المشترك في إحدى بؤرتيه ، ومدار المركبة الصغرى أكبر من مدار المركبة الكبرى بالنسبة العكسية لأوزانها.

وهناك مزدوجات لا يمكن رؤيتها كمركبات منفصلة حتى بالمناظير الحالية لصغر المسافة التي تفصل المركبة الواحدة عن الأخرى . وقد استدل على الأزواج بواسطة المطياف، والمزدوجات التي اكتشفت بهذه الطريقة تسمى المزدوجات الطيفية (٢) ويقدر ما عرف منها حتى الآن بالآلاف.

### النجوم الثلاثية والمضاعفة :

كثير من النجوم التي كان يظن أنها مجرد نجوم مزدوجة قد وجد أخيرا أنها مكونة من ثلاثة مركبات أو أكثر. وفي بعض الأحيان لم تكتشف المركبات الجديدة إلا بواسطة المطياف ، وقد وجد أن النجم القطبي من النجوم الثلاثية التركيب .

## النجوم المتغيرة

هى النجوم التى يتذبذب ضوؤها بين القوة والضعف فى دورات معلومة ويقدر عددها بالآلاف. وبعضها يتغير ضوءه بشكل غير منتظم ، بينما البعض الآخر يصل حدوده العليا والدنيا من الضوء بعد دورة منتظمة تختلف طولا باختلاف النجوم ، وتتراوح مدة الدورة بين ساعات معدودة ومئات الأيام .

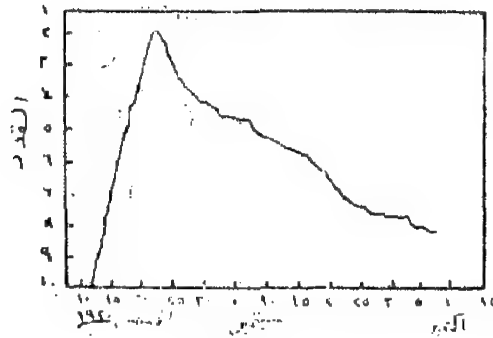
وقد قسم الاستاذ بكرنج pickernig النجوم المتغيرة الى خمسة أقسام وهى :

- (١) النجوم الجديدة أو المؤقتة
- (٢) النجوم ذوات الدورة الطويلة :
- (٣) النجوم ذوات الاختلاف القصير أو الغير منتظم .
- (٤) النجوم ذوات الدورة القصيرة .
- (٥) المتغيرات المكسوفية

أولا - النجوم الجديدة - يطلق هذا الاسم على النجوم التى يزيد ضوؤها فجأة وبدرجة كبيرة عادة ثم يضمف بعد ذلك بسرعة فى نادى . الامر ثم تدريجيا حتى يصل إلى درجة معينة . وليس معروفا حتى الآن أن أمثال هذه النجوم قد عانت مثل هذه التغيرات الفجائية أكثر من مرة . وأهم صفات هذه النجوم هو الازدياد الكبير والفجائى فى ضوئها ثم النقص التدريجى فيه . المصحوب عادة بتذبذبات صغيرة وغير منتظمة . مثال ذلك الجديد

( ٣ ) العقاب سنة ١٩١٨ والجديد ( ٣ ) الدجاجة الجديدة سنة ١٩٢٠ . فالأول كان قبل انفجاره نجما ضئيلا يتذبذب ضوءه بين القدرين العاشر والحادي عشر . وقد دلت الأبحاث على أن ضوءه كان في يوم ٥ يونيه سنة ١٩١٨ نجما من القدر ١٠,٥ وفي يوم ٧ يونيه وصل ضوءه إلى القدر السادس وفي المساء الثاني تمكن من رؤيته كثير من الناس وبلغ في لمعانه إلى درجة نجم من القدر الأول ، وفي المساء الذي يليه بلغ في لمعانه الحد الأعلى ( القدر - ٥,٥ ) وهكذا نجد أن ضوءه زاد في مئتي أربعة أيام بنسبة : ٢٥٠٠ : ١ . وفي ١٧ يونيه كان ضوءه يعادل ضوء نجم من القدر الثاني وفي ٢٢ يونيه كان ضوءه يعادل ضوء نجم من القدر الثالث وبعد سنة كان ضوءه يعادل ضوء نجم من القدر السادس .

وليس من المحقق أنه بعد انفجار النجم على هذا النحو أن يعود إلى حالته الأولى تماما من حيث درجة لمعانه . إذ المعروف أن النجم الجديد المسمى ( الأكليل الجديد ) سنة ١٨٦٦ كان قدره قبل انفجاره ٩,٥ وقدره الآن ١١,٥ .



شكل ( ٢٩ )

منحنى ضوء الجديد ( ٣ ) الدجاجة ١٩٢٠

والمع النجوم الجديدة المعروفة حتى الآن النجم الجديد ( ذات الكرسي )  
الذى اكتشفه تيكوبرا هي عام ١٥٧٢ والذى بلغ ضوءه القدر ٤٠٠  
و ( الخواء ) الذى اكتشفه كيار عام ١٦٠٤ وبلغ ضوءه القدر ٢٠٠  
وكلا النجمين ضئيل القدر الآن لدرجة أنه يصعب تمييزهما. والمع الجديدات  
المكتشفة حديثا ( برشاوش الجديدة ) الذى بلغ ضوءه القدر صفر .

ويلاحظ أن معظم النجوم الجديدة المكتشفة تقع في المجرة أو بالقرب  
منها، وقد لوحظ أنه يصحب التغير المفاجيء في ضوء النجوم الجديدة تغير  
تغريب في طيفها . ويعزو بعض العلماء هذه الظاهرة الى دخول النجم في مادة  
سديمية فتضع درجة حرارة النجم بالاحتكاك بهذه المادة ويزيد ضوءه قوة

والجدول الآتى يشتمل على النجوم الجديدة التى عرفت منذ عام ١٥٧٢  
أما ما اكتشف منها قبل ذلك فغير موثوق به تماما، وذلك لأن القدماء  
كانوا يخلطون بينها وبين المذنبات .

عام	النجم الجديد	أعلى قدر	المطلع المستقيم	الميل
١٥٧٢	ذات الكرسي	أكبر من ١	١٩ ٠	٣٥ ٦٣ ش
١٦٠٤	الخواء	١	٢٧ ١٧	٢١ ٢٥ ح
١٦٧٠	الشعلب	٣	٤٤ ١٩	٥٧ ٧ ش
١٨٤٨	الخواء	٤	٥٥ ١٦	١٣ ٤٦ ح
١٨٦٠	العقرب	٧	١٢ ١٦	٢٢ ٤٨ ح
١٨٦٦	الإكليل	٢	٥٦ ١٥	٢٦ ١٠ ش
١٨٧٦	الدجاجة	٣	٣٩ ٣١	٤٢ ٢٨ ش
١٨٨٥	المرأة المسلسلة	٧	٣٨ ٠	٤٠ ٥٠ ش
١٨٨٧	١ برشاوس	٩,٢	٥٦ ١	٥٦ ٢١ ش
١٨٩٢	عمسك الأعنة	٤	٢٧ ٥	٣٠ ٢٣ ش
١٨٩٣	المربع	٧	٢٤ ١٥	٥٠ ٢٨ ح
١٨٩٥	القرينة	٨	٤ ١١	٦١ ٣٠ ح
١٨٩٤	قنطورس	٧	٤٢ ١٣	٣١ ١٤ ح
١٨٩٨	١ القوس	٤,٧	٥٧ ١٨	١٣ ١٦ ح
١٨٩٩	١ العقاب	٧	١٦ ١٩	٠ ١٧ ح
١٩٠١	٢ برشاوش	أكبر من ١	٢٦ ٣	٤٣ ٣١ ش
١٩٠٣	١ التوأمان	٥	٣٩ ٦	٣٠ ٢ ش
١٩٠٥	٢ العقاب		٥٨ ١٨	٤ ٣٤ ح
١٩١٠	٢ القوس	٧,٥	٥٥ ١٧	٢٧ ٢٣ ح
١٩١٠	الوزل	٥	٣٣ ٢٢	٥٢ ١٨ ش
١٩١٢	٢ التوأمان	٣,٣	٥٠ ٦	٢٢ ١٤ ش
١٩١٨	٣ العقاب	أكبر من ١	٤٥ ١٨	٠ ٢٩ ش

ش ترمز إلى أن النجم في نصف الكرة السماوية الشمالي وحو إلى أنه في نصفها الجنوبي

وتعرف النجوم الجديدة بأسماء الكوكبات التابعة لها والسنة التي ظهرت .  
فيها وبعضها تعرف بأسماء مكتشفها مثل نجم تيكو ، ونجم كيلر .

وقد اكتشف على ممر السنين أكثر من نجم واحد جديد في الكوكبة  
الواحدة . ولذا استعملت الأرقام العددية ١، ٢، ٣، .. للدلالة على كل نجم  
فمثلا ٣ العقاب الجديد ١٩١٨ هو ثالث نجم جديد اكتشف في كوكبه  
العقاب .

ثانيا - النجوم ذات الدورة الطويلة - لو فحصنا دورات النجوم المتغيرة  
وجدنا أن هناك عدداً كبيراً تقل دورته عن إحدى عشر يوماً ، وأن هناك  
عدداً كبيراً تتفاوت دورته بين ١٥٠ ، ٤٥٠ يوماً ، أما المتغيرات التي تتراوح  
دوراتها بين ١١ يوماً و ١٥٠ يوماً فهي قليلة نسبياً وعلى ذلك نجد من السهل تقسيم  
المتغيرات إلى قسمين ويطلق على المتغيرات التي تزيد مدة دورتها على ٤٥٠  
يوماً النجوم ذات الدورة الطويلة .

وأهم خواص هذا النوع أن المتغيرات في القدر كبيرة وتتراوح  
من القدر الثالث إلى القدر الثامن . ونجوم هذه الفصيلة ذات لون أحمر  
ويلاحظ أنه كلما زاد احمرار النجم كلما زادت مدة الدورة ومن الأمثلة على  
هذا النوع النجم (وقيطس) . ودورته ٣٣٣ يوماً ويتغير قدره بين الثاني والثاسع  
وهو أقل ثبوتاً عند القدر الثاني منه عند القدر التاسع .

وبمقارنته أهم خواص النجوم المتغيرة بما يحدث في الشمس وعلى الأخص  
دورتها السكافية ، وما يصحبها من من ظواهر ، نجد أنها تشبه النجوم ذات  
الدورة الطويلة ، إلا أن طول الدورة كبير جداً بينما التغيرات القدرية طفيفة .

ثالثا - النجوم ذوات الاختلاف غير المنتظم - أن التغيرات القدرية لهذا النوع تبلغ حوالى قدرين ، أما مدة الدورة فتختلف باختلاف النجوم وتحتوى على نجوم من مراتب طيفية مختلفة بين  $G$  و  $K$

رابعا - النجوم ذوات الدورة القصيرة - يطلق على هذا النوع اسم التغيرات القيفاوسية . وأهم خواصها ثبوت طول الدورة مع صغر التغيرات القدرية .

## المجرة

حتى فجر القرن العشرين كان من المعروف أن النظام النجومى أشبه شئ بعدسة كبيرة اتجاهها فى الفضاء ينطبق على اتجاه المجرة وقد ريكومب قطره بما لا يزيد من ثلاثة آلاف سنة ضوئية أما التقديرات الحديثة لسعته فتبلغ اضعاف ذلك .

وقدر الدكتور سيرز Sears أن عدد نجوم قدر ما الى الذى يليه حتى القدر السادس ثلاثة ، وأن هذه النسبة تنقص تدريجيا الى  $١٧$  عند القدر العشرين والجدول الآتى يبين عدد النجوم فى الأقدار المختلفة .



النسبة	العدد	القدر
٣,١	٥٣٠	٤
	١,٦٢٠	٥
٣,٠	٤,٨٥٠	٦
٣,٠	١٤,٣٠٠	٧
٢,٩	٤١,٠٠٠	٨
٢,٨	١١٧,٠٠٠	٩
٢,٨	٣٢٤,٠٠٠	١٠
٢,٧	٨٧٠,٠٠٠	١١
٢,٦	٢,٢٧٠,٠٠٠	١٢
٢,٤	٥,٧٠٠,٠٠٠	١٣
٢,٣	١٣,٨٠٠,٠٠٠	١٤
٢,٢	٣٢,٠٠٠,٠٠٠	١٥
٢,١	٧١,٠٠٠,٠٠٠	١٦
٢,٠	١٥٠,٠٠٠,٠٠٠	١٧
١,٩	٢٩٦,٠٠٠,٠٠٠	١٨
١,٧	٥٦٠,٠٠٠,٠٠٠	١٩

ووجد فضلا عن ذلك أن عدد نجوم الأقدار المخالفة يقل باضطراد مع  
العروض المجرية كما يتضح من الجدول الآتي :



السديم المجري « الثلاثي الشعب »



جمع 'نجومی فی کوکبه القوس

العرض المجري			عدد النجوم
صفر	°٤٥	°٩٠	القدر الفوتوغرافي
٢,٨	١,٠	٧	٩
٢٠	٦,٨	٤,٣	١١
١٤٦	٣٩	٢١	١٣
٩١٠	١٧٧	٨٧	١٥
٤٧٨٠	٦٤٧	٢٨٨	١٧
٢٠٧٥٠	١٨٦٠	٧٧٠	١٩
٧٣٦٠٠	٤٢٢٥	١٦٧٠	٢١

فالنجوم في النظام المجري أكثر كثافة في مسـتـو المجرة ، وتتناقص تدريجيا في اتجاه قطبيها ، وبفرض أن الشمس تحتل المركز من هذا النظام يتضح لنا أننا عندما ننظر الى السماء في اتجاه منطقة النظام النجمي انما ننظر إلى المجرة وقدّر شابيلى بفرض أن المجاميع السكـريـة تابعة لنظام المجرة ان قطر المجرة الأكبر يبلغ طوله ٣٠٠.٠٠٠ سنة ضوئية ، والأصغر ١٠.٠٠٠ سنة ضوئية وأن الشمس تبعد عن مركزها مقدار ٦٠.٠٠٠ سنة ضوئية ، أما المركز فيقع في كوكبة القوس .

### المجاميع النجمية

يوجد داخل المجرة أو عند حافتها نوعان من المجاميع النجمية تتحرك في الفضاء كأسراب الطير ، أحدهما المجاميع المفتوحة Open Clusters وهي

إلى الداخل من نظامنا النجمي مثل الثريا، والآخر المجاميع السكرية Globular Clusters وتقع عند الحافة أو إلى الخارج منها مثل المجموعة المعروفة بـ (مسيه ١٣) التي يقدر عدد نجومها بما لا يقل عن ١٠.٠٠٠ نجم.

ويقدر عدد المجاميع السكرية بحوالى ٧٠، وقدر سيليفر، السرعة في اتجاه خط البصر لعشرة منها بما يتراوح بين - ٤١٠، ٢٢٥ كيلومتر في الثانية

وتتكون مجموعة الثريا من نجوم ذوات المرتبة الطيفية الواحدة ودرجة لمعانها واحدة تقريبا فضلا عن أنها تتحرك في الفضاء بنفس السرعة.

وحقت الارصاد تشابها كبيرا في مجاميع أخرى كمجموعة الثور والدب الأكبر.

# الباب السابع

## السدائم

السدائم المشتتة والمعتمة والكوكبية — السدائم اللاجرية  
الغير منتظمة الشكل والكروية والبيضية والحلزونية

السدائم أجرام سماوية كبيرة سحابية الشكل . ويستطيع أى إنسان أن يرى عبر السماء ، سحابة نجمية كبيرة تمتد شرقا وغربا وتمر بالكوكبات الأنية : النوا مان . ممسك الأجنة . برشاوس . ذات الكرسي . الدجاجة الفسر الطائر . السلياق تعرف بالمجرة . وهى تبدو للعين المجردة كغيام مضىء فإذا ما تبينها الراصد خلال منظار وجد أنها تتكون من نجوم مكتظة خافتة الضياء . وقد وجد أن العين المجردة لا تستطيع أن تتبين نجمين متقاربين جدا إذا كان البعد الزاوى بينهما يقل عن دقيقتين قوسيتين . وهذا هو ما حدا بالسير ولیم هرشل إلى الاعتقاد بأن السدائم جميعها نجوم مكتظة اكتظاظا عظيما إلى درجة يتعذر معها رؤيتها كنجوم مفردة . وقد لاحظ أيضا أنه توجد في سديم المجرة قنوات مظلمة عن اها إلى وجود مادة سديمية معتمة .

وفيما هذا سديم المجرة والسحابتين المجلائيتين الموجودتين في نصف الكرة الجنوبي فإنه يتعذر رؤية السدائم — التى يقدر عددها بملايين عدة — بالعين المجردة ، بينما يمكن رصد ها وتصويرها بالمنظار ، ذلك لأن الضوء الذى

يصل إلينا من هذه السدائم خافت لبعدها معظمها السحيق في أعماق الفضاء .  
ويستخدم في تصويرها المناظير ذات الأقطار الكبيرة التي تجمع من ضوءها  
أكبر مما يقع على سطح العين . ويستخدم لهذا الغرض ألواح فتوغرافية عالية  
الحساسية وفضلا عن ذلك فإنه يمكن تعرض اللوح الفوتوغرافي لضوءها مدة طويلة  
قد تصل إلى بضعة ساعات حتى تتكون من ضوءها طبعة هذه المدة صورها  
الفوتوغرافية .

وتنقسم السدائم إلى قسمين رئيسيين وهى السدائم المجرية أى التى توجد  
داخل نظامنا المجرى والسدائم اللامجرية التى توجد خارجة :

### السدائم المجرية

توجد بالمجرة ثلاثة أنواع من السدائم ( ١ ) السدائم الغازية أو المشتتة  
( ٢ ) السدائم المعتمة ( ٣ ) السدائم الكوكبية .

وتبدو الأولى كسحب خافتة الضياء والثانية كقنوات فى المجرة تحلاه  
يندر أو ينعدم فيها رؤيه النجوم . أما الثالثة - ويقدر عددها بنحو مائة وخمسين  
فأجسام سديمية صغيرة دائرية الشكل أو بيضبة ، يوجد عند مركزها عادة نجم  
وتبدو فى المناظير الصغيرة كنقراص كوكبية ومن هنا نشأت تسميتها .

(١) السدائم المشتتة أو الغازية : ومن الأمثلة عليها السديم الكبير فى  
كوكبه الجبار ، وهى ذوات أشكال غير منتظمة ، وتوجد عادة بجوار المجرة  
وقد وجد أن ضوءها مرتبط بضوء نجوم معينة مقترنة بها ، وقد اكتشف  
عدد منها فى السحابتين المجلائيتين اللتين تعتبران من السدائم اللامجرية .  
ويرى الأستاذ هبل أن ضوء هذا النوع من السدائم مرده إلى الجذور المقترنة

بها ، فقد وجد أن ثمة علاقة وثيقة بين طيف هذا النوع من السدائم والنوع الطيفي لهذه النجوم ، كما أن هناك ارتباطا بين قدر النجم المشع ومساحة السديم المنتشر ، فالنجم الذي من القدر الأول مثالا يولد الضوء في مادة سديمية تحيط به أو قريبة منه إلى مسافة تقدر بدرجات عدة بينما أن نجما من القدر الثالث عشر لا يكاد يولد الضوء فيها لأبعد من نصف دقيقة قوسية . يتضح من هذا أن السدائم المشتتة . وتسمى أيضا المنتشرة - ليست ذاتية الإشعاع وإنما قد ين بضياؤها إلى النجوم المقترنة بها .

ويحتمل أن تكون المادة السديمية في هذا النوع مكونة من خليط من جزئيات ترابية أو جسيمات أكبر حجما ، كثافتها قليلة جدا قدرت بنحو جزء واحد من ألف مليون جزء من كثافة الهواء عند درجة الحرارة والضغط القياسيين . أو ما يعادل جزء من مليون من كثافة أكل فراغ يمكن إيجاد عمليا على وجه الأرض . أما كتلة مادتها فتقدر بنحو عشرة آلاف مرة كتلة الشمس . ويقدر اتساع سديم الجبار بنحو ١٠ سنين ضوئية . وبعده بنحو ٦٠٠ سنة ضوئية . وبعض السدائم المنتشرة يتغير شكلها ولمعانها كالسديم رقم ٦٧٢٩ الموجود في كوكبه الأكليل الجنوبي والذي يشبه مروحة أو مذنب ولقد لوحظ أن النجم الذي يقع عند رأس هذا السديم من المتغيرات غير المنتظمة

(٢) السدائم المعتمدة: توجد هذه السدائم في كثير من أجزاء المجرة كمناطق خالية تقريبا من النجوم أو تقل فيها كثافة النجوم عن كثافتها في المناطق المحيطة بها ، ويُفسر خلوها من النجوم إلى كون هذا النوع من السدائم مكون من مادة حاجبة لضوء النجوم التي تقع وراءها .

وتكثر السدائم المعتمدة في كوكبات الجبار والجواء والعقرب



والسليب الجنوب وبن الأمثلة النموذجية لها السديم المعتم فى كوكبة الجوزاء  
والذى يوجد فى منطقة مكتظة بالنجوم بينما هو يكاد يكون خالوا منها .

ويعزى حجب السدائم المعتمة إلى أنها تتكون من سحب ترابية دقيقة  
الجزئيات ، يقدر قطر الجسيمات المكونة لها بما يقرب من طول موجة  
الضوء ولذا ينشأ عن وجودها الاحتجاب التام لضوء ما وراءها من نجوم  
وقد توجد السدائم المعتمة والمضيئة (المشتتة) معا ، ومن المحتمل أنهما من  
أصل واحد وأن وجود النجوم فى مواضع ملائمة يجعل بعضها مضيئا وإلا  
ظلت معتمة .

### ( ٣ ) السدائم السكوكية :

يكثُر وجود هذا النوع فى كوكبة القوس حيث تكثُر فيها نسبيا النجوم  
الجديدة . وضوء هذه السدائم منتظم وأقطارها صغيرة ومحددة . ويوجد فى  
وسط معظمها نجم مركزى من أشد النجوم حرارة ومن المحتمل أن أحجامها  
تقرب من أحجام النجوم الجديدة . ويرى الأستاذ مان ، أن السدائم  
السكوكية من النجوم الجديدة . وإن السديمية التى تحيط بالنجوم المركزية  
ليست سوى المادة التى لفظتها هذه النجوم أثناء فورانها قديما .

### السدائم اللامجرية

توجد السدائم المجرية عادة فى اتجاه المجرة بينما أن القسم الأوفر عددا  
من السدائم ، وهى السدائم اللامجرية ، يكاد يتجنب هذه المنطقة من الفضاء  
السماوى ونجده أكثر وفرة فى اتجاه قطبى المجرة . وكثيرا ما يوجد هذا  
النوع على هيئة جموع أو أسراب . ويقدر عدد ما يمكن رؤيته من السدائم  
اللامجرية بمنظار كبير كمنظار مونت ولسون الذى قطر مرآته ١٠٠ بوصة بما

لا يقل عن ثلاثة ملايين . ولبعدها السحيق في أعماق الفضاء تبدو خافتة الضياء . والسدائم اللامجرية المنتظمة شبيهة بنظامنا المجري كاملة بنفسها . وليست مرتبطة به ارتباطا طبيعيا من أى نوع، ولهذا سميت بالسدائم الخارجة عن المجرة . وتنقسم إلى قسمين رئيسين (١) سدائم غير منتظمة الشكل (٢) سدائم منتظمة الشكل . ولا تزيد نسبة القسم الأول عن ثلاثة في المائة من مجموع عدد السدائم اللامجرية .

#### (١) السدائم الغير منتظمة الشكل :

يتسكون هذا النوع من نجوم عديدة مقردة ومن الأمثلة عاليا السحابتين المجلا نيتين . وتقع السحابة الكبرى منهما في كوكبة السمك المذهب وشكلها بيضى غير منتظم وتقدر أبعاد الجزء السكثيف فيها بنحو  $٣٦^{\circ} \times ١٢^{\circ}$  . وتدلنا الصور الفوتوغرافية على أن القطر الأول لها يزيد على  $٧^{\circ}$  طولا . وتقع السحابة الصغرى في كوكبة التوكان . والجزء المركزى السكثيف فيها تقدر أبعاده بنحو  $٢^{\circ} \times ١^{\circ}$  ويقدر طول القطر الأكبر بأكثر من أربع درجات .

وتحتوى كل منها على عدد كبير من النجوم الخافتة الضوء من القدر الحادى عشر فأقل ضياء ، وتكثف فيهما النجوم المتغيرة وعلى الأخص القيفاويات كما توجد بهما الجموع النجومية المفتوحة والكروية . ويوجد في الجزء السكثيف من السحابة الكبرى عدد كبير من النجوم العملاقة ( وهى التى يكون لمعانها الذاتى كبير جدا ويتراوح قدرها المطلق بين - ١ ، - ٤ ) ويمكن بالأرصاد الفلكية قياس مدة دورات المتغيرات القيفارية وحساب لمعانها المطلق ، وبمقارنته بلمعانها الظاهرى يمكن استنباط بعدها . وقدر

شابل على بعد السحابة الكبرى بنحو ٨٦ ألف سنة ضوئية ، وبعد السحابة  
الصغرى بنحو ٩٥ ألف سنة ضوئية. ويوجد بالسحابة الكبرى أكبر السدائم  
المشتقة المعروفة والذي يقدر قطره بنحو ١٣٠ سنة ضوئية وهو أكبر بكثير  
من سديم الجبار في نظامنا المجرى .

وهناك تشابه كبير بين نظامنا المجرى وكل من السحابتين ولو أن كلا من  
منهما أصغر منه . أما السدائم اللامجرية الأخرى فأصغر بكثير من السحب  
المجالية والمعتقد أنها أبعد منها كثيرا .

## (٢) السدائم المنتظمة الشكل

يتميز هذا النوع من السدائم بالدوران حول نواة غير نجمية. ودلت  
الرصدات على أن الأجزاء الخارجية في كثير منها تتكون من نجوم. وهى ذات  
أشكال هندسية مختلفة ، فمنها الكروي والبيضى والعدسى والحلزونى . وقد  
دلت الأبحاث النظرية على أن هذه الأشكال المختلفة تمثل حلقات تطور  
السديم الواحد .

والسدائم الحلزونية نوعان ، أحدهما تمتد فيه الأزعة الحلزونية مباشرة  
من نواة مركزية ، والآخر ، ويسمى الحلزونيات ذات القضبان ترى فيه  
قضيب مستقيم يمر بالنواة وتمتد الأزعة من طرفيه . وتختلف صورة السديم  
 باختلاف الزاوية التى تراها منه ، فالسديم البيضى لو أمكن أن نأخذ له  
صورة من اتجاه آخر لو جدنا أنه حلزونى . ولقد دلت الرصدات الطيفية على  
أن محور دورانها عمودى على المستوى الاستوائى فيها . أما معدل الحركة فى  
أية نقطة من السديم فتختلف باختلاف بعدها من مركزه . فكلما كان السديم

يدور كما لو كان جسما واحدا متناسكا . وقد تصل السرعة الى بضعة مئات من الكيلومترات في الثانية فهي من درجة السرعة الدورانية للشمس حول مركز المجرة . ورغم كبر هذه السرعة فإن أية نقطة من السديم قد يلزمها بضعة ملايين من السنين لتتم دورة كاملة حول مركزه وذلك نظرا لسكبر السديم .

والأجزاء الخارجية في كل من سديم المرأة المسلسلة والسديم الحلزوني المعروف بمسييه ٣٣ محلاة الى حد كبير إلى نجوم مفردة . وقد اكتشف من بينها عدد من القيفاويات المثالية والنجوم الجديدة مما أتاح للعلماء استنباط بعدد بعض السدائم . ويقدر بعد هذين السديمين بنحو ٨٧٠ ألف سنة ضوئية . وباستخدام هذه النتيجة استنبطت أبعاد بعض السدائم الأخرى وقدّر بعد بعضها بنحو ١٣٠ مليون سنة ضوئية . واستنبطت أيضا سرعة السدائم الانجارية في اتجاه خط البصر من الأرصاد الطيفية ووجد أن هذه السرعة كبيرة جدا بوجه عام . وتقدر سرعة سديم المرأة المسلسلة بنحو ٣٠٠ كيلو متر في الثانية وهي سرعة اقترابية أي أن هذا السديم يتحرك نحو الشمس . ولمعظم السدائم سرعة أكبر من هذه بكثير . وقد لوحظ أن للغالبية العظمى منها سرع ابتغادية أي في الاتجاه المضاد للشمس . وبعض هذه السرعة يقدر بنحو عشرين ألف كيلومتر في الثانية .

ولما كانت هذه السرعة المستنبطة مباشرة من الأرصاد الطيفية هي جميعها فسييه ، أي بالنسبة لنظامنا الشمسي المتحرك هو أيضا في الفضاء ، فقد وجد أنه بعد استبعاد تأثير دوران المجرة أن السرعة الاقترابية لسديم المرأة المسلسلة وبضعة سدائم أخرى - ذات سرع ظاهرية اقترابية - ليست سوى

نتائج للدوران المجرى ، وأن هذه السدائم تتحرك كغيرها في الاتجاه المضاد لنظامنا الشمسى .

وقد وجد أن هناك ارتباطا بين بعد السدائم اللاجريه وسرعتها القطريه ولهذا يمكن مقارنة بعد كل من الجموع السديميه بالسرعة المتوسطة المستنتجه لأفرادها العديدة . والجدول الآتى يحتوى على هذه النتائج .  
ويلاحظ فيه أن السرعة لجميع هذه الجموع السديميه ابتعاديه . وأن سرعة السديم اللاجرى فى الفضاء بالكيلومتر فى الثانية تتناسب مع بعده بملايين السنين الضوئيه وأن النسبه بينهما كنسبه ١٧٠ : ١ تقريرا

السرعة	السرعة المتوسطة بالكيلومتر/ثانية	البعد بملايين السنين الضوئيه	الجموع السديميه
١٧٠			
٥	٩٨٠	٦	السنبلة
٢٢	٢٨٠٠	٢٤	الفرس الأعظم
٢٩	٤٨٠٠	٢٩	السرطان
٣١	٥٢٠٠	٣٦	برشاوش
٤٤	٧٥٠٠	٤٥	شعر برنيقه
٦٩	١١٨٠٠	٧٢	الدب الأكبر
١١٥	١٩٦٠٠	١٠٤	الأسد

وعلى أساس هذه النتائج قامت نظرية تمدد الكون ، إذ لابد أن يكون البعد بين أى سديم وآخر من السدائم اللاجريه فى تزايد مستمر بمعدل يتناسب مع البعد بينهما . وقد حاول كثير من العلماء تفسير هذه النتيجة ووضعت حلول كثيره يضيئى المقام هنا عن الأفاضه فيها ، وكل ما نستطيع

أن نقوله في هذا البعد أن السكون يتمدد في الوقت الحاضر. وعلى أساس المعدل السالف الذكر نجد أن جميع الأبعاد تبلغ ضعف قيمتها بعد ١٣٠٠ مليون سنة تقريبا.

أحجام وكتل السدائم الخارجية عن المجرة : ومن الممكن بعد تعيين بعد أي سديم حساب أبعاده الحقيقية بقياس أبعاده الزاوية . ولكن يجب أن نتذكر أن التقديرات المستنبطة بهذه الوسيلة تكون أقل من الاتساع الحقيقي للسديم فالصور الفتوغرافية بها طالت مدة التعريض لا يمكن أن تسجل شكل السديم إلى بعد حدوده الخارجية ، وقد رأينا أن السحب المجالانية تمتد إلى أبعد من حدودها المعروفة على الصور ذات التعريض الطويل .

ويرجح أن أبعاد سديم المرأة المسلسلة تقرب من أبعاد نظامنا النجمي ، ويحتمل أنه يمتد طوليا نحو ثلث أو نصف امتداد نظامنا المجري . وتقدر كتلة المنطقة الداخلية له بنحو ٢٤٠ مليون مرة كتلة الشمس . أما سديم مسيبة ٣٣ الذي بعده يقرب من بعد سديم المرأة المسلسلة فأصغر منه .

وقد دلت دراسة السدائم اللاجرية القريبة نسبيا منا على أن بينها وبين نظامنا المجري تشابه كبير . وانها أنظمة كبيرة ذات كتل ضخمة تقدر بالف أو الفين مليون مرة كتلة الشمس . فهي تشبه نظامنا من حيث الامتداد الكبير في أحد المستويات دون الآخر ومن حيث وجود

السديمية المضيئة والمادة الحاجبة في المستوى المركزى . والسحب النجمية  
التي توجد في النطاق المجرى المعروف بسكة التبانة تشبه مثيلاتها في الانظمة  
الحلزونية الاكثر تحللا .

والجموع المحلية في نظامنا تشبه التجمعات الأصغر التي ترى في الأذرع  
الحلزونية لكثير من السدائم اللابجرية . وهذا ما حدا ببعض العلماء الى  
الظن بأن نظامنا المجرى سديم حلزوني ولكنه ربما كان أقرب شها بالسحابة  
المجلاية الكبرى . ويبدو محققا أن السدائم اللابجرية أنظمه كاملة ولهذا  
يمكن اعتبارها ( جزائر كونيه ) كما يعتبر نظامنا المجرى قارة كونيه ومتوسط  
البعد بينها - فيما عدا المجموع السديمية - هو نحو ٢ مليون سنة ضوئية  
وقد تثبت الأبحاث مستقبلا أن نظامنا المجرى لا يختلف كثيرا من حيث  
الحجم عن بعض السدائم اللابجرية .

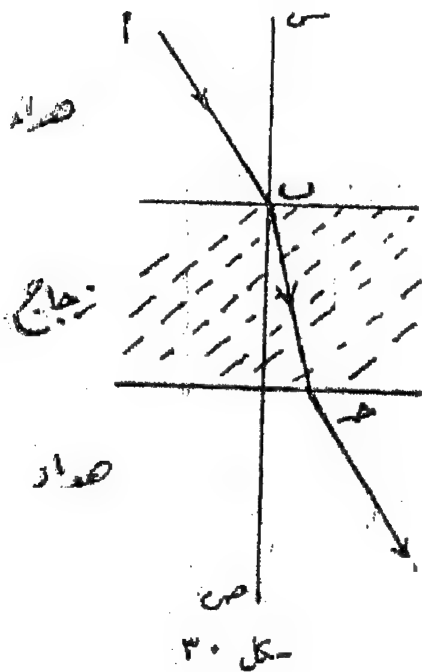
وتدل أبحاث هبل على أن السدائم اللابجرية قد تكونت على نسق  
واحد ، وأنها في أولى مراحلها كروية الشكل ومع الدوران والانكماش  
الناتج من تهايل المادة نحو المركز يصير شكلها بيضيا ثم حلزونيا . فمن  
المعروف أن أى جسم غازى قليل الكثافة كلما زادت سرعة دورانه تغير  
شكله من الكروي الى البيضى المبسط عند القطبين . ويزداد هذا الانبطاح  
بازدياد السرعة ، ويبدو ذلك واضحا في حالي الأرض والمشتري بمقارنته  
انبعاجهما عند القطبين بانبعاج الشمس عند القطبين ، فالأرض تتم دورة  
كاملة حول نفسها في ٢٤ ساعة والمشتري في عشر ساعات بينما الشمس تتم  
دورة كاملة حول نفسها في ٢٦ يوما وانبعاج الأولين أكبر من انبعاج  
الشمس عند قطبيها .

## الباب الثامن

### المنظار

المنظار هو أهم آلات الرصد الفلكية . وكان أول من صنع منظارا ( لبرشى ) ومن بعده بعامين العالم البربطانى الشهير جاليليو وقد رأى به أقمار المشتري وحلقات زحل وتشكل الزهرة وكلف الشمس وغيرها من الأجرام السماوية بصورة لم تكن معروفة من قبل . واتخذ من بعض مشاهداته أدلة علمية قوية تعزز ما ذهب اليه كبرنيق من قبل من أن الأرض ليست سوى سيارا تدور حول الشمس كأخواتها عطارد والزهرة ، وغيرهما والمنظار الفلكي على نوعين رئيسيين : الأول ذو العدسات . والثاني ذو المرايا ، ولا يرى الأخير عادة إلا فى المراسد .

#### المنظار ذو العدسات :



من خواص الضوء المعروفة أنه عندما يمر شعاع من الضوء خلال جسم شفاف كالزجاج مثلا فإنه ينحرف عن اتجاهه الأصلي طبقا لقانون خاص فى علم البصريات . فالشعاع اب الذى يمر فى الهواء ويقع على قطعة من الزجاج سطحها متوازيين ينحرف عن اتجاهه الأصلي

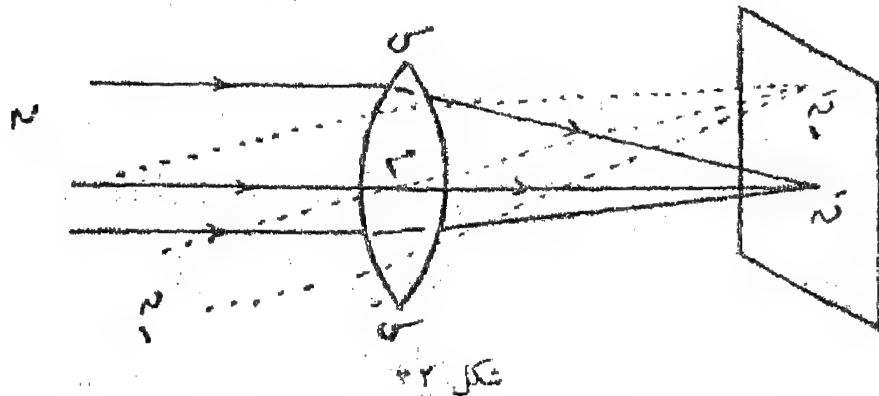


داخل الزجاج ويرسم المسار المبين بالخط ب ح ، بحيث أنه لو رسمنا السهم دى على السطح عند ب وهو س ص فإن ب ح يقع فى المستوى ا ب س ، وفضلا عن ذلك فإن ثمة علاقة ثابتة بين زاوية السقوط ا ب س وزاوية الانكسار ج ب ص لآى وسطين كالهواء والزجاج مثلا .

ويجد أيضا أن الشعاع بعد خروجه يكون موازيا لمساره الأصلي ا ب إذا كان سطحى الجسم الشفاف متوازيين .

وتعرف هذه الظاهرة بظاهرة الانكسار ، وتخضع لقوانينها السالفة الذكر كيفية مرور الأشعة الضوئية فى العدسات ذات السطوح الكروية وتجمع الأشعة فى نقطة معينة بعد خروجها من العدسات . وهى أساس صناعة المنظار ذو العدسات .

ونظرا لأن النجوم تبعد عنا بمسافات شاسعة فإنه يمكن اعتبار أن الأشعة التى تقع على سطح عدسة مثل س س حزمة متوازية ولذلك فإن الأشعة التى تأتى من نجم بعيد مثل ن تتجمع بعد مرورها خلال العدسة فى نقطة ن هى



شكل ٢٢

صورة النجم ن فإذا كان م ن ( م مركز العدسة ) ينطبق على الخط الواصل بين مركزى سطحى العدسة الكرويين فإن البعد م ن يسمى البعد البؤرى .

ولو وضعنا زجاجا فوتوغرافيا على هذا الخط عند ن فإنه يرسم النجم ن وغيره من النجوم القريبة منه ، لأن النجوم نظرا لبعدها الشاسع تعتبر متساوية البعد عنا ، ولذلك تأتي الأشعة من كل منها على شكل حزم ضوئية فتتجمع بعد مرورها في العدسة عند البعد البورى .

وتتوقف خواص الصورة على مساحة العدسة الشبكية ، أو بعبارة أخرى على مربع القطر س س ، وأهم خاصية للعدسات هي قدرتها على تجميع الأشعة الضوئية التى تناسب اضطرابا مع كبر العدسة . فالعدسة التى قطرها ١٢ بوصة مثلا قدرتها على تجميع الضوء تعادل أربع مرات قدرة عدسة قطرها ٦ بوصة

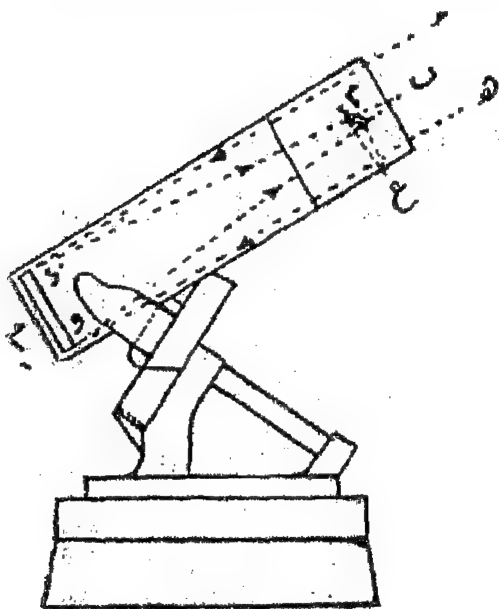
ويلاحظ أن الزاوية التى بين صورتين ن ، ن عند م هى نفس الزاوية التى بين النجمين ن ، ن ، ولذلك فإنه كلما كان البعد البورى للعدسة كبيرا كانت المسافة التى بين صورتى نجمين كبيرة . والعين عبارة عن عدسة تجمع الأشعة الضوئية من أى جسم مضيء على الشبكة الحساسة . ويتكون المنظار ذو العدسات من عدسة كبيرة تسمى الشيئية تجمع الضوء المتشع من النجوم ، وبعد مروره خلالها يتجمع فى بؤرتها ، وعدسة أخرى تسمى العينية توضع بحيث تنطبق بؤرتها على بؤرة الشيئية ، ولذلك فإن الأشعة المتجمعة فى البؤرة المشتركة تخرج بعد مرورها خلال العينية على شكل حزم ضوئية متوازية فتقع على العين ، وهذه تجمعها مرة أخرى على الشبكية فتحدث الأحساس بالرؤية .

ولما كان قطر عدسة العين هو  $\frac{1}{4}$  بوصة على الأكثر نجد أن المنظار الذى قطر شيئته بوصة واحدة تبلغ قدرته على تجميع الضوء تسعة مرات قدرة العين المجردة ، ولهذا يمكننا نظريا أن نرى به نجوم ضوءها  $\frac{1}{9}$  ضوء أخفت

النجوم التي ترى بالعين المجردة وهذه هي وظيفة المنظار .  
 قوة تكبير المنظار : -- تقدر قوة تكبير المنظار بخارج قسمة البعد  
 البورى للشئية على البعد البورى للعينية ، ولهذا فان من الممكن تغيير  
 قوة تكبير المنظار ذو العدسات بتغير العينية وهو ما يتبع عادة .

المنظار العاكس : أول من ابتكر هذا النوع من المناظير هو العالم  
 الشهير إسحاق نيوتن ولقد صنع بنفسه واحدا من هذا النوع .

وتستخدم في هذا النوع المرايا بدلا من العدسات ، فتوضع مرآة كرية  
 كبيرة مقطوعا قطع مكافئ ، تعكس ضوء النجوم البعيدة — والتي تأتي  
 على شكل حزم ضوئية متوازية — فتتجمع الأشعة بعد الانعكاس في بؤرة  
 المرآة . وفي الطراز النيوتوني توضع مرآة أخرى أصغر مستوية مائلة على  
 المحور الرئيسى للمرآة الكبرى بزاوية مقدارها ٤٥° لئلا حية البؤرة وتثبت  
 فيما بين المرآة الكبرى وبؤرتها ووظيفة هذه المرآة أن تعكس الضوء  
 ثانية وقبل تجمعه في بؤرة المرآة الكبرى . ويتجمع بعد الانعكاس الثانى في  
 مستو تثبت فيه العينية لرؤية الجرم السماوى أو الزجاج الفوتوغرافى لرسمه .



شكل ٣١

وبين شكل ( ٣٢ ) الأجزاء  
 الرئيسية للمنظار العاكس واتجاه الأشعة  
 الضوئية فالشعاعين ج د ، هـ و من  
 نجم ما يقعان على المرآة الكبرى م .  
 ثم يعكسان في الاتجاهين د ب ، و ب  
 وقبل أن يتلاقيا في بؤرة



السديم الحلزوني . مسيه ٨١ ، في كوكبة الدب الاكبر  
وترى النجوم متكثفة في الازرعة



سديم المرأة المسلسلة

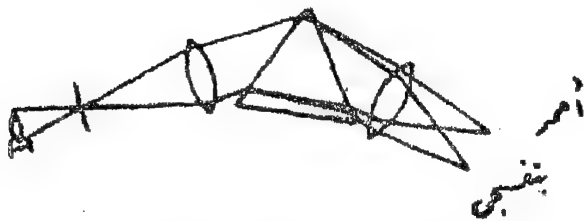
المرآة الكبرى ب ينعكسان انعكاسا ثانيا على المرآة الصغيرة ص ه وتلاقى الأشعة في نقطة ع حيث توضع العينية أو الزجاج الفوتوغرافي . ومن الممكن أيضا تغيير البعد البؤري للمرآة الكبرى بطرق معينة .

والمنظار العاكس الموجود حاليا يمرصد حلوان من هذا الطراز ، ويبلغ قطر مرآته الكبرى ٣٠ بوصة . وأكبر منظار عاكس في العالم هو المنظار الذي أقيم أخيرا في بلدة بالومار بأمریکا . وقد استغرق صنعه سنوات كثيرة ويبلغ قطر مرآته الكبرى مائتين بوصة ووزنها ١٤٥ طن .

وهناك طراز آخر للمناظير العاكسة يفضل استعماله في الأرصاد الطيفية ويسمى طراز كاسيجرين ، ويختلف عن الطراز النيوتوني في أنه توجد في المرآة الكبرى فتحة تنفذ خلالها الأشعة الضوئية المنعكسة على مرآة صغيرة كروية ( بدلا من المستوية في المنظار النيوتوني ) وتتجمع خلف المرآة الكبرى . والمناظير الكبرى الحديثة تجمع بين الطرازين لتحقيق الأغراض المختلفة في الأرصاد الفلكية .

## المطياف

من المعروف أنه عندما يمر شعاع من الضوء داخل منشور من الزجاج فإن سرعته الضوء تقل في داخل المنشور نسبيا عن سرعته في الهواء فينبغي أن ينكسر نتيجة لذلك ، ويزيد الانكسار كلما قصرت طول الموجة .



(شكل ٣٢) مطياف منشوري

وعلى ذلك فإن مسار مركبات الضوء داخل المنشور يتوقف على أطوال موجاتها وعند خروج الأشعة من المنشور تتحلل

الى مركباتها من الألوان المختلفة ويأخذ كل لون اتجاها خاصا . ولأجل هذا يستعمل المنشور المثلثي المقطع في أحداث الأطياف لأن الأشعة الضوئية تنكسر داخله مرتين (شكل ٣٢) وبعد خروجها من المنشور تكون الأشعة البنفسجية في نهاية الحزمة ناحية قاعدة المنشور والحرارة في النهاية الأخرى .

والطريقة الثانية لأحداث الاطياف هي بجعل المركبات المختلفة تتبع مسارات مختلفة بدون وضع وسيط جديد في اتجاه الأشعة باستخدام الخاصة المعروفة بتداخل الضوء . ويستعمل لهذا الغرض المحزوز الحيدي ويتكون من عدد كبير من سطوح غاية في الصغر، وهذه السطوح إما شفافة أو ذات قوة عاكسة كبيرة يفصل الواحد منها عن الآخر سطوح ضيقة وتصنع أمثال هذه المحزوزات بعمل خطوط متوازية عديدة على سطح زجاج صاف أو سطح معدني مصقول، بحيث تكون المسافات التي بين كل اثنين منها واحدة ويبلغ عدد هذه الخطوط عادة من ١٥.٠٠٠ الى ٢٠.٠٠٠ خط في البوصة الطولية.

ولما كانت سطوح الخطوط خشنة نسبيا وغير منتظمة نجد أنها تمتص أو تشتت الضوء الذي يسقط عليها بينما يمر خلال السطوح الأخرى التي بينها أو ينعكس عليها حسب خاصية المواد المصنوع منها المحزوز والنتيجة في الحالتين أن الضوء بعد مروره من المحزوز ينقسم إلى عدد كبير من مخروطات ضوئية صغيرة في جميع الاتجاهات ولو أننا نظرنا إلى هذه الأشعة من أى اتجاه لوجدنا أن جميع الأشعة — ما عدا أشعة ذات طول معلوم يحدده الاتجاه الذي ننظر منه — يمحور بعضها البعض، وبعبارة أخرى لا نرى من اتجاه معين سوى لون معين . فلو أن لونا ما لا يوجد في الشعاع الاصلى فإنه لا يرى في اتجاهه المدين وهكذا يتكون الطيف .

وهناك نوع آخر من المحروزات يستغنى فيه عن كل من المنظار أو العدسة  
أثلامه ويسمى المحزون المحذب وهو من النوع العاكس وقد رسمت السطوح  
فيه على سطح محذب بدلا من سطح مستو .

وقرر قزح المعروف نوع من الطيف لضوء الشمس يتكون من تجمع نقط  
في السحب، ولكنه ليس طيفا كاملا كالذى يتكون بالمطيف وهو من النوع  
المعروف بالطيف المستمر، والطيف المستمر الذى يمكن الحصول عليه  
بواسطة مطيف فى المعمل يتكون من حزمة مستقيمة من الألوان المختلفة  
تبدأ من إحدى نهاياتها بالأحمر فالأرجوانى فالأصفر فالأخضر فالأزرق  
ثم البنفسجى وتتمثل فيه جميع الموجات على اختلاف أطوالها بخطوط  
تداخل فى بعضها وتتكون الحزمة المستمرة .

ويمكن الحصول على الطيف المستمر من أشعاع أى جسم صلب أو سائل  
بصرف النظر عن تركيبه الكيمايى .

ومن المعروف أننا لو رفعنا درجة حرارة قطعة الحديد فأننا فى بادئ  
الامر لا نكاد نحس أى تغيير فى حالتها . ومع ذلك فأننا نعلم أن الحرارة  
تتشعع منها ، وتستطيع أن تتحقق بواسطة الطيف من أن الأشعاع يحدث  
بالفعل بموجات أثرية أطول من أن تحدث الأحساس بالرؤية وبوسائل  
خاصة يمكننا التحقق من وجود ابتداء طيف مستمر فى منطقة ما تحت الأحمر،  
وكما ارتفعت درجة الحرارة تدريجيا لاحظنا فى المطيف أنه : —

- ( ١ ) تزيد كمية الإشعاع من كل نوع باستمرار
- ( ٢ ) كلما زادت درجة الحرارة ظهرت فى الطيف خطوط الموجات الأقصر طولا  
أما الأولى من هاتين النتيجةين فسببها ازدياد كمية الحرارة .



وأما الثانية فتوضح أن قطعة الحديد عندما بلغت درجة حرارة معينة أصبحت تشع أشعاعا قصيرا قصرا كافيا لأحداث الأحساس بالرؤية ونراها بعد ذلك ذات لون أحمر فالطيف المستمر يمتد حتى يباغ ابتداء نطاق الرؤية

وكما ارتفعت درجة الحرارة بعد ذلك تشعع الموجات الأقصر طولاً للأرجواني ثم الأقصر منها للأصفر تباعاً وتغلب على اللون الأحمر فتري قطعة الحديد بهذين اللونين مجتمعين، وهكذا لموجات الأخضر والأزرق، وبما أن قطعة الحديد لا تزال تشع الأشعة الحمراء والصفراء فأنت لا نراها ذات لون أخضر أو أزرق بل بمحصلة هذه الألوان جميعها وهو الأبيض ومع ارتفاع درجة الحرارة فوق ذلك يتشعع البنفسجي وما فوق البنفسجي .

وتطبق هذه الحالة على أي جسم آخر صلب أو سائل طالما كانت درجة الحرارة أدنى من درجة تبخره ، فالطيف المستمر إذن ليس خاصية تميز نوع المادة المشعة للضوء أو تميز تركيبه الكيميائي وإنما هو صفة لحالتها الطبيعية أما إذا كان مصدر الضوء غازاً أو بخاراً مضيئاً فأنت نجد أن طيفه يختلف عما سبق ، فعدد الموجات محددة ويتكون طيفه من خطوط متفرقة تتفاوت قوة انفصالها عن بعضها مسافات مظلمة ، وكل خط منها هو عبارة عن صورة الفتحة التي ينفذ من خلالها الضوء في المطياف، وموضع كل من خطوط الطيف مقياس لطول الموجه التي تكونه .

فالطيف الخطي إذن يبين نوع المادة التي تشع الضوء وحالتها الطبيعية فادتان غازيتان مختلفتان من حيث التركيب الكيميائي مشععتان للضوء يكون طيفهما خطين غير متطابقين

وهكذا نجد أنه يمكننا تعيين العناصر الكيميائية لأي مادة بدراسة أشعاعها في المطياف بعد رفع درجة حرارتها إلى درجة التبخير

وتوجد ثلاثة طرق للحصول على الطيف الخطي للمواد وهي : ( ١ )  
اللمب ( ٢ ) القوس ( ٣ ) الشرارة الكهربائية . والطيف الناتج من القوس  
لأي مادة هو نفسه الذي يتكون من اللهب من حيث خواصه الرئيسية مع  
وجود خطوط إضافية ، وكذلك الطيف الذي يتكون من الشرارة الكهربائية  
لا يختلف عن طيف القوس إلا في احتواء الأول على خطوط إضافية أخرى  
كما أن بعض الخطوط في الأول تكون أضعف من مثيلاتها في الثاني وقد  
يختفي بعضها . أما الخطوط التي تكون في طيف الشرارة أقوى منها في  
طيف القوس فتسمى الخطوط التأثيرية أو الانفعالية

ومع ذلك فليس الطيف الخطي النتيجة الوحيدة لطيفية لأشعاع غاز فقد  
يكون الطيف حزمة ضوئية لطيف مستمر محددة عند أحد طرفيها أو عند  
كليهما ، وقد تضعف أحيانا قوتها تدريجيا . ولو أننا كبرنا الحزمة تكبيراً كافياً  
لوجدنا أن الحزمة مكونة من عدد كبير جداً من خطوط متلاصقة ومرتبطة  
بانتظام ، وينشأ طيف الحزمة من أشعاع أبخرة المركبات الكيميائية بوجه  
عام ومن أشعاع بعض العناصر الكيميائية في ظروف خاصة .

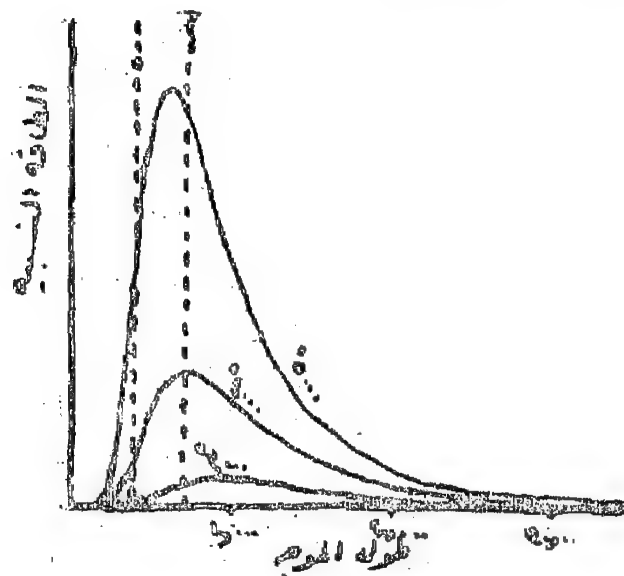
والثلاثة أنواع السالفة الذكر للطيف وهي الطيف المستمر والطيف الخطي  
وطيف الحزمة جميعها أطيف أشعاع

وهناك نوع آخر من الطيف يسمى طيف الامتصاص ، وينشأ من وجود  
جسم آخر شفاف أو نصف شفاف في طريق الأشعاع المستمر فقد

وجد أن هذا الوسيط يمتص أشعة ذات موجات معينة، ويتكون في مواضعها من الطيف خطوط مظلمة على وراء طيف مستمر للأشعة الأخرى التي لم تمتص.

أما إذا كان الوسيط بين مصدر أشعاع طيف مستمر وبين المطياف بخارا مشعاً درجة حرارته أدنى من درجة حرارة المصدر فإن الطيف الناتج يطابق تماماً الطيف الذي كان يحدثه الوسيط وحده ولهذا النوع من الطيف أهمية خاصة في البحوث الفلكية.

من ذلك يتضح أن هناك نوعين رئيسيين من الطيف (الأول) طيف الأشعاع (والثاني) طيف الامتصاص، وكل منهما يكون إما مستمر أو غير مستمر، والآخر إما أن يكون خطوطاً أو حزمة أو، كليهما، ومن تركيب الطيف نستطيع أن نعين التركيب الكيميائي للجسم المشع الذي يكونه وحالته الطبيعية. ومع أننا لا يمكننا الاستدلال على التركيب الكيميائي من طيف مستمر إلا أننا نستطيع معرفة درجة حرارة الجسم المشع من مدى امتداد الطيف في اتجاه البنفسجي.



(شكل ٣٣)

و يوضح ( الشكل ٣٣ ) العلاقة بين طول الموجة و طاقة الأشعاع في درجات الحرارة المختلفة . و يلاحظ أن طرف الطيف لناحية البنفسجي لا يتأثر بسرعة مع اختلاف درجة الحرارة ، ولذلك فإن استنباط درجة الحرارة من معرفة مدى الطيف لناحية البنفسجي ليست من الطرق الدقيقة ، وفضلا عن ذلك فإن الطيف يضعف تدريجيا في هذا الاتجاه بحيث يكون من الصعب جدا معرفة نهايته بالضبط في هذه الناحية

و من ناحية أخرى نجد عند تطبيق هذه الطريقة في قياس درجة حرارة النجوم أنه رغم أن درجة حرارتها عالية جدا وأن أشعاعها يمتد كثيرا في ناحية ما فوق البنفسجي فإن الهواء المحيط بالارض يحول دون وصول هذه الاشعة كلها إلى المطياف فلا يمر منه إلا أشعة لا تتعدى في قصر الموجة حدا معيناً ولذلك نجد أن طيف النجوم المختلفة يصل في المطياف إلى حدود واحدة .

من أجل هذا لا يمكن استخدام هذه الطريقة لاستنباط درجة حرارة النجوم ، أما الطريقة الثانية لاستنباط درجة حرارة الجسم المشع للضوء فهي بقياس كمية الاشعاع غير أنه عند استخدامها في قياس درجة حرارة النجوم يجب ملاحظة ما يأتي .

أولا - يفقد الاشعاع جانبا من طاقته أثناء مروره من الغلاف الهوائي المحيط بالارض .

ثانيا - تتوقف كمية الطاقة التي تصلنا من نجم على مقدار بعده من الارض .

ثالثا - يجب عند المقارنة أن تنسب دائما الى وحدات متساوية من سطوح الأجسام المشعة لانه من المسلم به أن كمية الاشعاع من جسمين درجة حرارتهما واحدة تختلف باختلاف مساحتهما .

ولما كان عدد النجوم المعروف بعدها من الأرض ومساحة سطحها محدود جدا نجد أن هذه الطريقة بدورها لا يمكن استخدامها عمليا في تعيين درجة حرارة النجوم بالسهولة التي كنا نتصورها .

ولكننا لو أمعنا النظر في المنحنيات السالفة الذكر ( شكل ٣٣ ) نجد أن كمية الطاقة عند أى درجة حرارة معينة ليست واحدة في الطيف كله أى في الموجات الضوئية المختلفة الطول بل نلاحظ أنها موزعة بحيث أن الجانب الأكبر منها تشعه موجات معينة ذات طول معلوم كما نلاحظ أن الموجات التي تعطى الطاقة الأكبر نسبيا ليست واحدة في المنحنيات المختلفة بل أن طولها يقل كلما زادت درجة حرارة المصدر المشع .

ولقد وجد ان العلاقة التي تربط طول الموجة التي تحمل أكثر طاقة في الطيف المستمر ودرجة الحرارة المطلقة للمصدر المشع دائما ثابتة ويربطها القانون الآتي : -

$$L \propto T = \text{مقدار ثابت}$$

وفي ذلك  $L$  هي طول الموجة ذات الطول الأكبر بوحدات الانجستروم وهو الوحدة المستعملة في قياس طول الموجة وتساوى  $10^{-8}$  من السنتيمتر وهو اسم العالم السويدي . انجستروم الذي كان أول من توصل الى المقاييس الدقيقة للموجة الضوئية

أمات فهي درجة الحرارة المطلقة للمصدر المشع .

$$\text{و أما المقدار الثابت فيساوى } 29.4 \times 10^6$$

غير أنه يجب أن نلاحظ أن كمية الاشعاع لا تتوقف فقط على درجة حرارة الجسم المشع بل على طبيعة السطح أيضا فالسطوح المصقولة تشع من الطاقة أقل نسبيا من السطوح غير المصقولة في درجة الحرارة الواحدة والثابت المذكور هو للجسام التي تشع أقصى ما يمكن من الطاقة المعادلة لدرجة حرارتها .

ولأجل تطبيق العلاقة المذكورة على النجوم نفترض أن سطوح النجوم هي من النوع الأخير والا كانت درجات حرارتها المستنتجة بهذه الطريقة أقل من درجة حرارتها الحقيقية . والمعتقد أن اشعاع النجوم يشابه الى حد كبير هذه الحالة المثالية ولذلك فإن الأرقام المستنبطة على أساس العلاقة السابقة الذكر لدرجات حرارة النجوم لا تبعد كثيرا عن الحقيقة .

والآن نذكر أننا عند كلامنا على الطيف الخطي قلنا أنه يمكن استنباط التركيب الكيميائي للمصدر المشع من مواقع الخطوط اذ تظهر في الطيف خطوط قدل على نوع كل عنصر من العناصر الكيميائية التي تحويها مادة المصدر المشع . ولقد وجد أن لبعض العناصر خطا أو خطين تظهر في الطيف في ظروف خاصة ولذلك يجب دراسة الشروط الضرورية لحدوث الانطاف المختلفة وتميز الخطوط الطيفية بقياس أطوال الموجات الدالة عليها بكل دقة .

ولما كان من الصعب جدا قياس أطوال الموجات في كل مرة بطريقة مباشرة فقد وجد أن من الأسهل عمليا مقارنة الخطوط الطيفية بطيف رئيسي يحتوى على عدد كبير من الخطوط الطيفية المعروف أطوال الموجات الدالة عليها بكل دقة كالطيف القوسي للحديد مثلا . ونظرا لاختلاف ظروف الاشعاع في النجوم عن ظروف الاشعاع الذي يمكن اصطناعه في المعامل

نجد أحيانا أن الخطوط الطيفية لبعض العناصر في بعض النجوم أو السدائم قد لا تكون بالشكل المألوف لاطيافها ، ويحتوى طيف الشمس على عدد كبير من الخطوط لم يعرف الآن ما تدل عليه ، ومن المعتقد أنها مواد في حالات طبيعية غير مألوفة لنا على سطح الأرض فشكل للطيف يتوقف دائما على الحالة الطبيعية للمادة المشعة للضوء فأى تغير من أى نوع ينشأ عنه تغير في أطوال الموجات المتشعة ويتبع ذلك زحزحة الخطوط الطيفية .

### زحزحة الخطوط الطيفية وانقسامها

وهناك عوامل أخرى ينتج عن وجودها زحزحة الخطوط الطيفية وهذه العوامل هي :

أولا - الحركة النسبية بين الجسم المشع للضوء والراصد .

ثانيا - الضغط في الجسم المشع للضوء .

ثالثا - وجود مجال مغناطيسى .

أما العامل الاول ، فهو ما يسمونه عادة ( تأثير دبلر ) ولايضاح تأثيره في زحزحة الخطوط الطيفية ، نفرض أن (م) مصدر اشعاع و (ص) الراصد و (س) البعد بينهما ولنفرض أن هذا البعد يعادل سرعة الضوء في الثانية ودلى ذلك نصل الموجات الضوئية من م الى ص في نهاية الثانية منذ لحظة تشععها من المصدر فلنرمزنا لطول الموجة بالحرف  $\lambda$  ولذبذبة بالحرف  $\nu$  .

$$\text{فإن } \nu = \frac{c}{\lambda} \text{ ت}$$

فلو فرضنا أن مصدر الإشعاع م يتحرك في اتجاه الراصد ص بسرعة قدرها  $s$  تساوى  $m$  نجد أن ت من الموجات التي تنشع في ثانية تنحصر في مسافة قدرها  $m$  ص بدلا من  $m$  ص .

$$\text{ولكن } m \text{ ص} = s - s \quad \frac{s}{m} \quad \text{و على ذلك يكون طول الموجة في هذه الحالة ل} \quad \frac{s}{m} \quad \text{ويكون}$$

$$\frac{l}{s} = \frac{s - s}{s}$$

$$\text{أو } l = (s - s) \frac{s}{s}$$

فبقياس هذه الكمية  $l$  يمكننا استيعاب سرعة المصدر المشع في اتجاه الراصد وذلك بمعرفة قيمة كل من  $s$  ،  $l$  .

وتنحزح الخطوط الطيفية لناحية البنفسجي اذا كانت حركة الجسم المشع في اتجاه الراصد ، وإلى ناحية الأحمر اذا كانت حركة الجسم المشع في الاتجاه المضاد .

فاذا كانت حركة الجسم المشع بالنسبة للراصد في غير اتجاه الخط الواصل بينهما ففقدار التنحزح في الخطوط الطيفية يدل على مركبة السرعة النسبية بينهما في هذا الاتجاه .

أما العامل الثانى الذى ينشأ عنه تنحزح الخطوط الطيفية فهو من نوع آخر لأن الضغط الواقع على المصدر المشع سواء بإدخال غاز آخر أو بضغط



الجسم نفسه المشع ينتج عنه مباشرة أن تصغر المسافات التي بين الذرات نفسها فيزيد سمك الخطوط الطيفية ، وفي الوقت نفسه تتزحزح مراكزها الى ناحية الأحمر من الطيف ومع ازدياد الضغط يزيد سمك الخطوط الطيفية ويبدأ الطيف الخطي كله يتحول الى طيف مستمر .

أما ظاهرة تأثير الخطوط الطيفية بالمجال المغناطيسى فهو من أهم الظواهر الطبيعية الأساسية في إيضاح العلاقة بين الضوء والمغناطيسية التي تنبأ بها (لورنتز) نظريا وأبرزها (زيمان) بعد ذلك عمليا بوضع مصدر إشعاع بين قطبي مغناطيس قويين ، ووجد في بادى الأمر أن الخطوط الطيفية يزيد سمكها ثم تنفلق الى مركبات ، وفي الأحوال العادية وجد أن كلا من الخطوط الطيفية ينقسم الى مركبتين على جانبي مركزها متماثلة بالنسبة لموقعه الأصلي قبل إيجاد المجال المغناطيسى ولا يرى الخط الأصلي في اتجاه المجال المغناطيسى .

ونظرية لورنتز أن الإشعاع نتيجة تذبذب الذرة ، أما تجربة زيمان فقد أثبتت وجود وحدات للمادة أصغر من الذرة نفسها ، وأن الشعاع الضوئى يتكون من موجات تتذبذب في جميع المستويات المارة باتجاه الأشعة وأنه عند جمل التذبذب في مستومعين تحدث ظاهرة الاستقطاب المعروفة في الضوء كنتيجة لذلك ويكون الاستقطاب في الاتجاه العمودى المستوى التذبذبة أى أن الضوء الذى يحتوى على ذبذبات رأسية يكون مستقطبا في المستوى الأفقى .

## الأتيف النجومية

لا يختلف المطيف المستعمل في الأرصاد الفلكية كثيرا عن المطيف المستعمل في معامل الطبيعة والذي سبق وصفه وعند تركيبه على المنظار

تنزع العينية ويوضع المطياف بحيث تقع فتحة على صورة النجم المطلوب رسم طبقه . ونظرا لأن النجوم تبدو صغيرة جدا بسبب بعدها الكبير في أعماق الفضاء الحقيقية فإن الخطوط الطيفية لا تكون ذات سمك يسمح بدراسة دقيقة وقياس مواقعها ولهذا يجب تحريك صورة النجم في مجال الرؤية حركة بطيئة ذهابا وجيئة مع الاحتفاظ بقدر الامكان بحفظ درجة الحرارة ثابتة أثناء عمل الصورة .

وفضلا عن أن كمية الضوء التي تصلنا من النجوم ضئيلة فإن جانبا منها يفقد داخل المطياف ولذا يجب أن تكون مدة تعريض اللوح الفوتوغرافي في عمل الأطياف النجومية طويلة .

ومن دراسة الأطياف النجومية وجد :-

(١) أن الخطوط الطيفية تدلنا على أن العناصر الكيميائية المعروفة على الأرض موجودة في النجوم ولو أنها قد تكون في حالات طبيعة تختلف عن الحالات المألوفة لنا .

(٢) تقدر نسبة أطياف الامتصاص في أطياف النجوم التي عرفت للآن بنحو ٩٩٪ مما يدل على أن النجوم تتكون من أجسام ضخمة تشع الطيف المستمر ويحيط بها أجواء من أبخرة مشعة بالضوء أبرد نسبيا .



(شكل ٣٤) طيف السماء الرامح وطيف التيتانيوم للمقارنة

ولقد حاول الكثيرون تصنيف الأطياف النجومية بطرق مختلفة أهمها تصنيف سيدنى وتصنيف مرصدها رفارد الذى بدأه منذ عام ١٨٨٥ تخليداً للذكرى هنرى دريبر ولهذا يسمى تصنيف دريبر .

وطريقة هانفارد مؤسسة على اختلاف بعض خطوط طيفية معينة فى الأطياف النجومية من حيث القوة فإذا بدت مجموعة من هذه والخطوط بشكل بارز فى أحد من الأطياف رمز إليه بحرف من الحروف الآتية :

ب ا ف ح ل م

وذلك حسب نوع المجموعة . وقد وجد أن أكثر من ٩٩ ٪ من الأطياف النجومية يدخل ضمن هذه الستة أنواع . أما الباقي فبعضه يرمز إليه بالحرف ن وهناك قسم صغير من النجوم الحمراء يرمز إليه بالحرف ر

وبعض الأطياف يمتاز بازدياد قوة خطوطه وهى التى يرمز إليها بالحرف و أما أطياف السدائم الغازية فيرمز لها بالحرف ط .

وقد لوحظ أن أطياف النوع الواحد ليست متماثلة تماماً فقسمت إلى أقسام فرعية واستعملت الأعداد والحروف الهجائية فى تسميتها ، فالنموذج الطبقى ط له أقسام فرعية هى ط ١ ، ط ٢ ، ط ٣ ، ط ٤ ، وهكذا أما الأقسام الفرعية التى بين ب و ل فيرمز إليها بنفس الحروف مضافاً إليها أعداد من صفر إلى تسعة .

والجدول الآتى يحتوى على بيان بالنماذج الطيفية النجومية المختلفة ومميزاتها وما تبدل عليه من خواص الأجسام المشعة للضوء .

أمثلة	مميزاتها وما تدل عليه	التصنيف الطيفي		
		أسماء أخرى	الترتيب	الرمز
سديم الجبار	خطوط لامعة لايدروجين وهليوم متأين وعناصر أخرى غير معروفة.	سديمي		ط
النجم ح من كوكبة القلائع	خطوط لامعة لايدروجين وهليوم متأين وكريون وفنروجين واكسجين وخطوط أخرى لعناصر غير معروفة.	وانف روايت		و
السماك الأعزل والنجوم ب ح د هـ و من كوكبة الجبار	خطوط قائمة لايدروجين والهليوم غالب، واكسجين وسيلكون متأين ومغنيزيوم وكالسيوم.	الجبار الهليوم		ب
الشعري النمانية النسر الواقع برأس التوأم المقدم	الايدروجين غالب، خطوط ضعيفة لمعادن غير متأينه.		١	٢
	خطوط الايدروجين أقل نسبيا من طيف ١ وخطوط المعادن أقوى. كالسيوم متأين ذو خطوط قوية.	شاميه (١)	٢-١	ف
الشمس والعيوق	خطوط معادن قوية بعض خطوط معادن متأينه أهمها الكالسيوم.	شمس	م	ح

أمثلة	مميزاتها وما تدل عليها	التصنيف الطيفي		
		أسماء أخرى	رقم	ملاحظات
الدبران ورأس التوائم المؤخر والسماك الزامح	خطوط أضعف وخطوط المعادن غير المتأينة أقوى مما هي في ح	راحيه (٢)	٢	ل
رأس الجاني وقلب والعقرب	حزمت لا أكسيد التيتانيوم خطوط غير متأينة .	عقريه (٣)	٣	م
	حزمت طيفية للكربون وخطوط معادن غير متأينة أهمها الكسيريوم			ر
١٩ الحوت ١٥٢ شيلوب	حزمت طيفية أقوى من السابقة للكربون . طرف الطيف للاحية البنفسجي أضعف		٤	هـ
	حزمت امتصاص . بعض أكسيد التيتانيوم خطوط المعادن غير المتأينة . خطوط قوية للحديد المتأين .			س

(٢) نسبة إلى السمك الزامح

(١) نسبة إلى الشعري الشامية

(٣) نسبة إلى قلب العقرب

## الباب التاسع

### انكسار الأشعة الضوئية وزيف الضوء

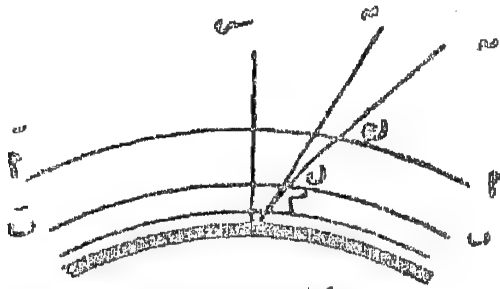
ان اتجاهات الأجرام السماوية التي تعيينها آلات الرصد ليست سوى اتجاهات ظاهرية ، فهناك عوامل مختلفة تجعل الاتجاهات التي ترى فيها الأجرام السماوية في السماء لا تطابق بالضبط مواقع هذه الأجرام مثل حركة الراصد بالنسبة لمركز الأرض وحركة الأرض نفسها في الفضاء وانكسار الأشعة الضوئية في الغلاف الهوائي المحيط بها والتغير الناشئ في أحداثيات الأجرام السماوية نتيجة تفهقر الاعتدالين . وسنقصر الكلام هنا على انكسار الأشعة الضوئية المعروف عادة بالانكسار الفلسفي وزيف الضوء الناشئ عن حركة الراصد في الفضاء .

#### انكسار الأشعة الضوئية

من المعروف أن الأرض يحيط بها غلاف شفاف من الهواء ولذلك فإن الأشعة الضوئية التي تنشع من الأجرام السماوية والتي تكون مساراتها في الفضاء الخارجي خطوط مستقيمة - عند مقابلتها للطبقة الهوائية تنكسر فيها وتميل عن مساراتها الأصلية حسب خاصية الضوء المعروفة بالانكسار .

ولما كانت كثافة الهواء المحيط بالأرض تختلف باختلاف علوه فوق سطحها وتزيد اضطرابا كلما اقتربنا من سطح الأرض فإن الشعاع الضوئي ينكسر

باستمرار عند خروجه من طبقة إلى طبقة أكتشف منها في اتجاهه نحو الأرض وينحرف دائما نحو العمودى على السطح في كل مرة .



شكل ( ٣٥ )

فلو فرضنا ن أحد النجوم (شكل

٣٥) والخطوط المتوازية ١١ ب ب

تمثل طبقات الهواء فوق الراصد

ص ، فالشعاع الضوئى ن ل

المنبعث من ن عند دخوله الطبقة الأولى ١١ ينكسر في الاتجاه الجديد

ل. وعند مروره في الطبقة التالية الأكتشف من الأولى نسبيا ينكسر

مرة ثانية ويأخذ الاتجاه ل ص، وهكذا حتى يقع على عين الراصد فيرى النجم

ن أخيرا على امتداد الخط الأخير من الخط المنكسر أى في الاتجاه ص ن

بدلا من ص ن. ونظرا لتعدد طبقات الهواء المختلفة الكثافة، فمسار الضوء داخل

الطبقة الهوائية يكون منحنيا والزاوية التي بين الاتجاه الحقيقي للنجم واتجاهه

الظاهرى تسمى « الانكسار الفلكى »، ويزيد اضطرابا مع البعد السمى

لنجم ويبلغ أقصاه ( حوالى نصف درجة ) عندما يكون النجم على الأفق

وينعدم عند ما يكون النجم في سمت الرأس .

ولما كان مقدار الانكسار فى الضوء يتغير بتغير حالة الغلاف

الهوائى من حيث الحرارة والضغط الجوى فقد وضعت جداول كثيرة

لاستنباط الانكسار الفلكى لأى نجم إذا عرف بعده السمى ودرجة الحرارة

والضغط الجوى وأهم هذه الجداول جداول تشمبرز Champers وجداول

مرصد بلوكوف. والجداول الآتى أخذ عنها ، والعامود الثانى هو

الانكسار الفلكى المتوسط عند درجة حرارة ٥٠ ° فهرنهيت و ضغط جوى ٣٠

والعامودين الآخرين ، التغير فى الانكسار الناشئ عن تغير الحرارة والضوء

التفسير في		متوسط الانكسار	البعد السمتي الظاهري
١٠ فهرست	١ بوصة زئبق		
٠.٠٢ —	٠.٠٣ +	١٠.٢	١
٠.١٠ —	٠.١٧ +	٥٠.٩	٥
٠.٢١ —	٠.٣٤ +	١٠٠.٢٧	١٠
٠.٣١ —	٠.٥٣ +	١٥٠.٦٠	٥١
٠.٤٢ —	٠.٧٢ +	٢١٠.١٩	٢٠
٠.٥٤ —	٠.٩٢ +	٢٧٠.١٥	٢٥
٠.٦٥ —	١.١٥ +	٣٣٠.٦٠	٣٠
٠.٨٠ —	١.٣٨ +	٤٠٠.٧٥	٣٥
٠.٩٦ —	١.٦٦ +	٤٨٠.٨٢	٤٠
١.١٤ —	١.٩٧ +	٥٨٠.١٦	٤٥
١.٢٤ —	٢.٢٣ +	١ ٩٠.٣	٥٠
١.٣٦ —	٢.٥٨ +	١ ٢٣.٠	٥٥
٢.٠٠ —	٣.٢٤ +	١ ٤٠.٥٥	٦٠
٢.٢٤ —	٤.٠٢ +	٢ ٤٠.٢	٦٥
٢.٣١ —	٥.٠٤ +	٢ ٢٨.٦	٧٠
٤.٣٣ —	٧.٣٣ +	٣ ٢٣.٩	٧٥
٦.٥٥ —	١٠.٩ +	٥ ١٩.٠	٨٠
١٢.٣٩ —	٢٠.٣٣ +	٩ ٥١.٤	٨٥
٦٨.٢٦ —	٧٦.٥٥ +	٣٤ ٣٢.١	٩٠



## زيغ الضوء

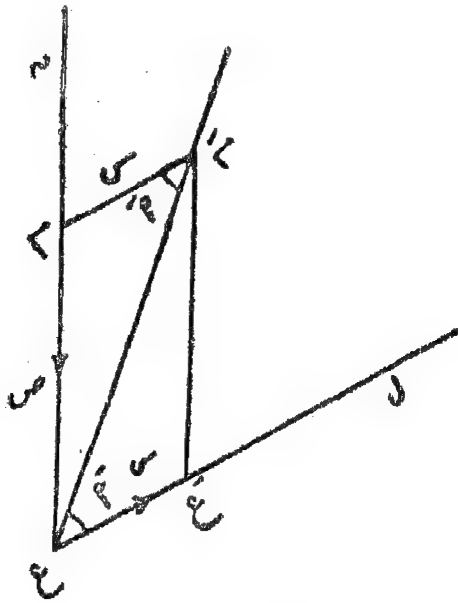
اكتشف هذه الظاهرة الفلكية الإنجليزي برادلى عام ١٧٢٥ عندما كان يحاول تحقيق الاختلاف الظاهري لمواقع النجوم الناشئ عن دوران الأرض حول الشمس . وكان قد اختار لتحقيق ذلك أخذ أرصاد زوالية لنجوم قريبة من سمت رأسه من بينها النجم (ح التنين) وذلك لتفادى الأخطاء الناشئة من انكسار الضوء .

وبدأ برادلى أرصاده في ديسمبر وسرعان ما تبين أن اتجاه هذا النجم ينحرف باضطراب نحو الجنوب وأن الانحراف قد بلغ أقصاه في مارس ومن ثم بدأ الانحراف يعكس اتجاهه أى نحو الشمال وأخذ انحرافه شمالا يزيده اضطرابا حتى بلغ أقصاه في سبتمبر . ووجد أن الفرق بين أقصى الاتجاهين هو ٤٠ . وبدراسة التغير في مواقع هذا النجم أدرك برادلى أن مثله لا يمكن أن يعزى إلى حركة الأرض حول الشمس وإلا كان اتجاه التغير في موقع النجم في اتجاه الشمس دائما ، بينما أن هذه الأرصاد تدل على أن اتجاه التغير في الاتجاه العمودى على اتجاه الشمس . فالمطلع المستقيم للنجم (ح التنين) هو ١٨ ساعة تقريبا ولهذا يعبر خط الزوال في ٢١ مارس عندما تكون الشمس على الأفق شرقا . فلو كان هذا التغير ناشئا عن دوران الأرض لوجب أن يكون الانحراف فى ذلك الحين إلى الشرق بدلا من الجنوب ، وإلى الغرب بدلا من الشمال فى سبتمبر

وفى عام ١٧٢٩ نشر برادلى تفسيراً لهذه الظاهرة فعزا مثل هذا التغير فى موقع هذا النجم إلى سرعة الراصد فى الفضاء المسكتسبة من وجوده على

أرض متحركة وإلى كون الضوء المتشعع من النجوم له سرعة محدودة ، وأثبت  
على أساس نظريه نيوتن عن طبيعة الضوء أن الاتجاهات الظاهرية للنجوم  
هي محصلات هاتين سرعتين فالنجوم تبدو للراصد على الأرض كما يبدو  
وذاذا المطر لمسافر في قطار مائلة على الخط الرأسي .

ولأيضاح ذلك نفترض أن  $n$  أحد النجوم  $م ع$  عين الراصد  $ع ع$  على  
اتجاه حركة الراصد في الفضاء ، ولنفرض أن سرعة الراصد في الفضاء  $ص$



يمثلها الخط  $ع ع$  وسرعة الضوء من  
النجم  $ص$  يمثلها الخط  $م ع$  . فإذا  
رسمنا متوازي الأضلاع  $ع ع م م$   
فإن الاتجاه الذي يرى فيه النجم  $هـ$   
هو محصلة هاتين سرعتين ، أي الخط  
 $ع م$  . والانحراف الناشئ عن زيبغ  
الضوء هو إذن الزاوية  $م ع م$  .

فإذا فرضنا أن الزاوية  $م ع ل$   
 $= \alpha$  والزاوية  $م ع ل = \beta$  فمقدار

الانحراف  $= \alpha - \beta$  وتطبيقا لقوانين الحركة نجد أن

$$\frac{ص}{ص} = \frac{(\alpha - \beta)}{\alpha} \text{ أي أن } \frac{ص}{ص} = \frac{(\alpha - \beta)}{\alpha}$$

وتسمى الزاوية  $\beta$  اتجاه حركة الأرض ( Way Earths )

$\frac{ص}{ص}$  معامل زيبغ الضوء ومقداره صغير جدا لأن سرعة الضوء  $ص =$

$186000$  ميل في الثانية وسرعة الأرض في مدارها  $= \frac{1}{18}$  ميل في الثانية



## الباب العاشر

### نظريات كونية

تطور السدائم — النجوم المزدوجة — النجوم العملاقة والأقزام .  
— مولد الأرض وأخوانها السيارات — عمر الأرض

رأينا في الفصول السابقة أن الكون يحتوى على عدد كبير من أنظمة كونية يفصل الواحد منها عن الآخر مسافات شاسعة حتى بالنسبة لحجومها الكبيرة . وكأن هذا الكون محيط عظيم قد برزت فوق مستوى سطح الماء فيه جزائر هنا وهناك ذات مساحات مختلفة ، أكبرها فيما يبدو الآن النظام المجرى الذى يشتمل على النجوم التى نراها ومن بينها الشمس وتوابعها ، ومن أجل هذا يشبه بمقارة كونية فى هذا النموذج للكون .

أما الأنظمة الأخرى فهى السدائم الخارجة عن المجرة . وقد تكلمنا عنها وعن النظام المجرى آنفا من الناحية الفلكية . وسنعرض هنا لبعض النظريات الكونية عن كيفية نشوئها وتطورها ، واسكن يجب أن نذكر بادئ ذي بدء أن هذه النظريات — لحداثة عهدها — لم تتبلور بعد وأن بعض حقائقها لا تقوى على النقد برغم ما تبعته فى النفس من روعة الخيال .

## تطور السدائم

يعتقد علماء الكونية وفي مقدمتهم الأستاذ جـيـنـز أن النجوم تتكون من مادة السدائم . أما العوامل الأساسية لهذا فهي ( أ ) المادة السديمية الغازية ( ب ) خاصية الجاذبية التي أودعها الله في المواد ( ح ) الحركة الدورانية للسدائم المفروض وجودها أصلاً . وللفرض الأخير أهميته وبدونه لا تتكون النجوم من السدائم بل يظل كل سديم محتفظاً بشكله الكروي وينكمش نتيجة تجاذب مادته وتزيد كثافته اضطراباً

فاذا افترضنا خلق الحركة الدورانية في السديم فإنه يذبح نتيجة لذلك كانبعاث الأرض عند قطبيها ، وفي الوقت نفسه تتجاذب جزيئاته فيقل حجمه ، وكلما زاد انكماشه زادت السرعة الدورانية حسب قوانين الحركة فتزيد تبعاً لذلك درجة انبعاجه حتى يصير عدسى الشكل ، فاذا زاد انكماشه عن هذا الحد كان عرضة لانفصال بعض مادته تحت تأثير الجاذبية من جسم خارجي كسديم آخر . فالسدائم رغم المسافات الكبيرة التي تفصل الواحد منها عن الآخر لا يمكن اعتبارها منعزلة كلية .

وتأثير الجسم الخارجي يشبه ما تحدثه الشمس والقمر من المد على سطح البحار في الأرض أما في السديم فينتج عن هذه القوة الخارجية خروج المادة من طرفي قطبيه اتجاه الجسم الخارجي ، وينشئ شكلها بسبب دوران السديم كما في ( الشكل ٢٧ ) ، ثم لا تلبث هذه المادة السديمية أن تتكشف نتيجة تجاذب بعض أجزائها . ولا بد أن تكون كمية المادة المنفصلة كبيرة كما يحدث التكشف والا تشتت في الفضاء ولقد قدر الأستاذ جـيـنـز وزن السكتل

المكتشفه على أساس هذا الفرض وفي ضوء التوافيق الطبيعية المعروفة ووجد أنها تعادل الأوزان المعروفة للنجوم .



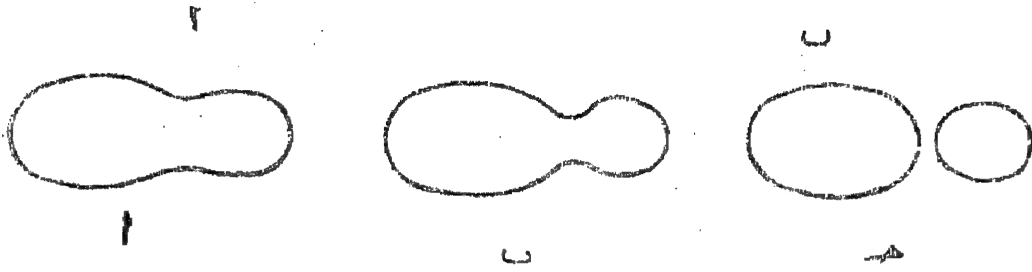
شكل ( ٢٧ )

في ضوء هذه النظرية ينشأ السديم دواراً ، ونتيجة للدوران والانكماش الناشئ من تجاذب أجزاء مادته ينبعج فيصير بيضياً ثم عدسياً ، وتحت تأثير الجاذبية من جسم خارجي يصير حلزونياً وتتكون النجوم عند أزراعة الحلزون ( شكل ٣٧ )

فالأشكال المختلفة للسدائم الخارجة عن المجرة هي إذن حلقات التطور للسديم الواحد، ووجودها في السكون مما يؤيد هذه النظرية . ويمثل نظامنا المجري في ضوء هذه النظرية آخر مراحل التطور السديمي حيث تمكنت جل مادته إلى نجوم .

### النجوم المزدوجة

أن العوامل السالفة في تطور السدائم هي نفس العوامل التي ينشأ عنها انقسام النجم الواحد على نفسه ، فالدوران والانكماش ينشأ عنهما انبعاج النجم ، وعند ما تبلغ السرعة الدورانية حداً كافياً ينقسم النجم على نفسه تحت تأثير الجاذبية من نجم آخر ( شكل ٣٨ )



شكل ( ٣٨ )

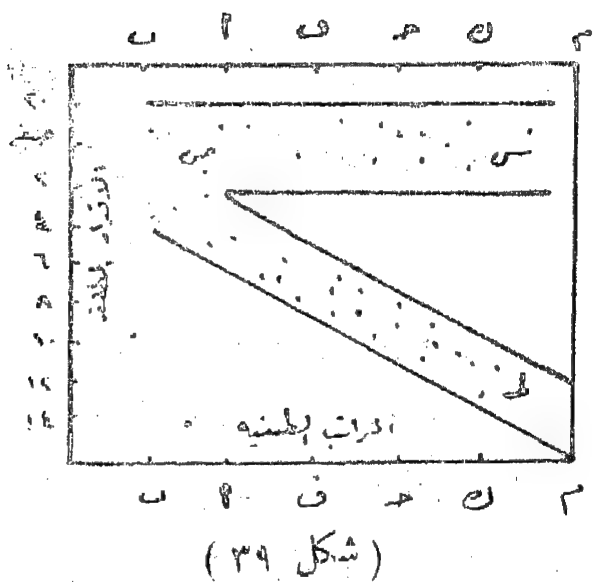
ونظرية جينز في انقسام النجوم يفترض فيها أن الكثافة في مادة النجم تبلغ عندئذ باله كثافة المساء وهي كثافة نجوم المرتبة الطيفية ب ، ولا بد أيضا لانقسام أى نجم على نفسه من أن تبلغ السرعة الدورانية حداً كبيراً ، فسرعة الشمس الدورانية أقل بكثير من هذا الحد .

وعند ما ينقسم النجم إلى مركبتين ينشأ عن التأثير المدى لكل واحدة منهما على الأخرى ازدياد البعد بينهما ، ولهذا فالمعتقد أن المزدوجات الطيفية تصبح على مرور الزمن الطويل من دوجات بصرية .

## العمالقة والأقزام

اكتشف هرتسبرنج عام ١٩٠٥ أن نجوم المرتبة الواحدة من المراتب ف ، ح ، ك ، م أما أن تكون نجوم كبيرة تشع الضوء بكميات كبيرة جداً أو صغيرة تشع كميات من الضوء أقل بكثير ، ووجد أنه لا توجد في نجوم المرتبة الواحدة من المراتب الطيفية السالفة حالات وسطى ، وأطلق على النوع الأول اسم العمالقة وعلى الآخر الأقزام .

وفي عام ١٩١٣ أوضح رسل هذه الظاهرة برسم يأتى اشتهر باسمه فيما بعد لنحو ثلاثمائة نجم من مراتب طيفية مختلفة ( شكل ٣٩ ) . ويتضح من هذا



وقد ذكرنا آنفاً عند كلامنا على أقدار النجوم أنه إذا كان الفرق بين قدرى نجمين خمسة من وحدات الأقدار فإن أحدهما يبلغ في شدة ضوئه مائة مرة شدة أضواء الآخر . ومن هذا يتضح أن النجوم العملاقة تبلغ في شدة توهجها بالضوء عشرات آلاف المرات شدة أضواء الأقزام التي من نفس المرتبة الطيفية . وقد أيدت الأرصاد التي أخذت بعد عام ١٩١٣ هذه الحقيقة . ويلاحظ أيضاً أنه ليس بين نجوم المرتبتين ب ٦ و أ أقزام بل أن جميعها من العملاقة . وأثبتت الأبحاث على أن كثافة المادة في العملاقة نقل تدريجياً في المراتب الطيفية وتبلغ ب ٦ كثافة الماء لعملاقة المرتبة ب . أما في الأقزام فإن الكثافة تزيد اضطراباً حتى تعادل كثافة الماء في المرتبة ح وأكث من ذلك لنجوم المرتبتين ك و م .

وقد حاول رسل تعاليل هذه الحالة فزعم بأن النجوم جميعها تبدأ حياتها كعالمقة من المرتبة الطيفية م حيث تكون كثافة مادتها أقل من كثافة الهواء ثم تنكمش تدريجياً نتيجة فقدان الطاقة وتأثير الجاذبية ، فترتفع درجة حرارتها حتى تبلغ المرتبة الطيفية ب حيث تبلغ الكثافة درجة لا تتعادل عندها



الزيادة في درجة الحرارة الناشئة من الانكماش مع ما تفقده من الطاقة بالإشعاع فتبرد وتنكش وتمرقى الاتجاه الطبقي من ب إلى م كواحدة من الأقزام .

غير أن هذه النظرية لم تقو على النقد العلمي بعد اكتشاف الأقزام البيضاء مثل النجم المعروف بقرين الشعرى اليمانية ، حيث تبلغ كثافة المادة فيها مئات المرات كثافة أثقل العناصر الكيماوية المعروفة . وحفز ذلك بعض العلماء وعلى رأسهم الأستاذ أدنجتون إلى دراسة عناصر التوازن في داخل النجوم .

### الإشعاع النجمي

أن الطاقة التي يشعها نجم على شكل ضوء وحرارة تأتي من داخل النجم نفسه حيث تبلغ درجة الحرارة والضغط حدا عظيما ثم تنساب نحو الفضاء شعاعا . ويعزو الأستاذ أدنجتون تعادل القوى عند أية نقطة داخل النجم إلى :

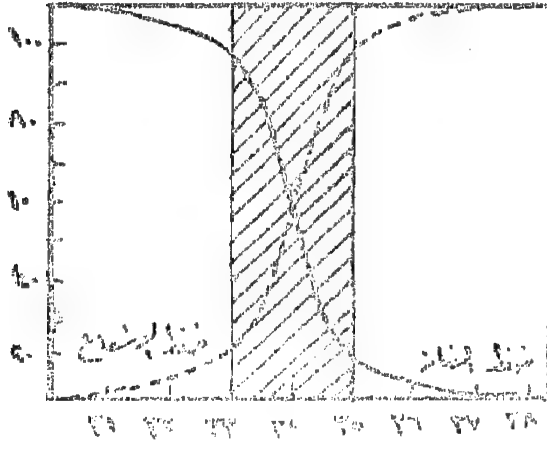
( أولا ) القوة نحو المركز وتساوى وزن المادة التي تعلو النقطة .

( ثانيا ) القوة إلى الخارج وتتكون من : ( أ ) ضغط الغاز ويسمى

مرونته ويزن مقدارا بازدياد عدد جزيئاته ودرجة حرارته ( ب ) ضغط الإشعاع .

وقد وجد أدنجتون بالاستقصاء الرياضى ومن القوانين المعروفة عن الغاز التام أن نسبة ضغط الإشعاع من مجموع القوى التي إلى الخارج تزيد بازدياد الكتلة الكلية المشعة للضوء ، كما أن هناك حدا أدنى لهذه الكتلة

لا تشع عنده الضوء و ( الشكل ٤٠ ) يوضح نتائج بحوث الأستاذ أدنجتون النظرية في هذا الصدد .



( شكل ٤٠ )

وقد افترض فيها أن جزيئات مادة النجوم لا تحتفظ بأشكالها المألوفة لنا بسبب الحرارة والضغط الشديدين، وأن الذرات فيها تفقد الكثير من كهارجها، ولهذا يمكن دراستها بصرف النظر عن تركيبها الكيميائي.

فمثلا عنصر الحديد الذي يساوى وزنه الذرى ٥٦ بالنسبة للإيدروجين وعدد الكهارج في ذرته ٢٦ يمكننا بفرض تأييد ذراته اعتبار الوزن الذرى المتوسط  $56 \div 26 = 2$  تقريبا . وبالمثل يمكن تقدير الوزن الذرى المتوسط للعناصر الكيميائية الأخرى في مادة النجوم . وعلى هذا الأساس قدر أدنجتون نسبة كل من طاقة الإشعاع وطاقة الغاز من مجموع القوة إلى الخارج في سائلة كبيرة من كرات غازية وزن الأولى ١٠ جرام والثانية مائة جرام والثالثة ألف جرام وهكذا كما هو واضح في ( الشكل ٤٠ ) فالسكرة ٣١ مثلاً هي التي وزنها ١٠ جرام وقارن بين نتائجه النظرية هذه وبين أوزان وأقدار النجوم العملاقة كما حققها الأرصاد والحساب الفلسفي فوجد تطابقاً تاماً بينهما ، ومع أنه لم يتوقع في بادئ الأمر إن تطابق المنحنى النظري لهذه للعلاقة بين أوزان النجوم الأقزام وأقدارها المطلقة لأن المادة فيها أكتشف من أن تكون لها خواص الغاز التام الذي أسس عليه بحثه إلا أنه وجد أن هذا التطابق موجوداً أيضاً وبالفعل فاستنتج في الحال أن المادة النجومية تظل محتفظة بخواص الغاز التام

رغم ارتفاع كثافة بعضها إلى ما يقرب من ألف مرة كثافة الماء .

وكثالة الكرة ٣٣ تعادل نصف كثالة الشمس ، وكثالة الكرة ٣٥ تعادل خمسين مرة كثالة ، وفيما بين هذين الحدين تتراوح أوزان النجوم المعروفة . ولهذا نستطيع أن نقبل بسهولة سبب إنطفاء السيارات جميعا فكثالة المشتري وهو أكبرها أقل بكثير جدا من الحد الأدنى اللازم لاحتفاظه بخاصية الاشعاع .

## مولد الأرض وأخواتها السيارات

بعد سقوط نظرية مركزية الأرض في القرن السابع عشر الميلادي بدأ العلماء يفكرون فيما عسى أن يدل عليه هذا التشابه الكبير في حركة السيارات جميعا -- ومن بينها الأرض -- ودورانها المستمر حول الشمس ، ومن ثم عن كيفية نشوئها .

وكان ( بوفون ) أول من زعم بانفصال السيارات جميعا من الشمس . أما كيفية الانفصال التي تخيلها فلم تقو على النقد العلمي . وفي عام ١٨٤٥ زعم ( كانت ) بنشوء السيارات من سديم بارد ، وتبعه في هذا الزعم العالم الفرنسي الشهير ( لابلاس ) .

وفي أوائل هذا القرن دحض كثيرون من العلماء في مقدمتهم العالم الإنجليزي الشهير ( جينز ) هذه النظرية ، وأسس نظريته المعروفة بنظرية المد لتفسير كيفية انفصال السيارات والأرض من الشمس .

وقد افترض في هذه النظرية اقتراب نجم كبير من الشمس فيما مضى من الأزمان الغابرة ، وأن اقترابهما كان كافيا بحيث شاطره مادة سطح الشمس

نخرمه ، فارتفعت في اتجاه النجم الغازي كتلة من مادة سطح الشمس كما يحدث في حالات المد على سطح الأرض حيث ينحسر الماء بعيداً عن الشاطئ ، ولم تلبث بعد ذلك أن خرجت من هذا اللسان الممتد من كتلة الشمس نافورة مستطيلة الشكل من المادة تشبه سيجاراً ضخماً مدببة عند الطرفين سميكاً في الوسط ، وتكثفت هذه الكتلة الملتصقة بعد ذلك في الفضاء البارد على شكل قطرات منعزلة ، كما يتكثف بخار الماء على سطح بارد . وهكذا تكونت السيارات التي انحنى مسارها منذ بادىء الأمر بفعل الجاذبية من النجم الغازي ولم تعد ثانيه إلى أمها الشمس كما يحدث لرذاذ الماء عندما يلقى فيه بحجر لأن هزم كمية الحركة الذي أحدثه اقتراب النجم في مادة سطح الشمس كان من الكفاية بحيث يحول دون ذلك ، فظلت السيارات تدور حول الشمس منذ ذلك الحين وإلى إن يشاء الله ، وانطفأ نورها لأن كتلة كل واحدة منها على حدة كانت أصغر من الحد الأدنى اللازم لاحتفاظها بخاصية إشعاع الضوء بالكيفية التي تتولد بها طاقتها الإشعاع في الشمس والنجوم ، وبابتعاد النجم الغازي زال أثر المد على سطح الشمس .

وتأيداً لهذا الغرض نجد أن الكتلة الأكبر نسبياً تقع في الوسط يمثلها المشتري وزحل والأصغر عند الطرفين ، والمرجح أن الأخيرة ولدت وهي في حالة السيولة أو الصلابة بينما كانت الأولى غازية منذ بادىء الأمر .

ثم يأتي بعد ذلك دور الشمس في التأثير على هذه الكتلة بالمد . فتعقب دوراً يماثل دور النجم الغازي في انفصال السيارات من الشمس . ويفشأ عن المد الذي تحدثه على سطوح السيارات انفصال الأقمار .

وعلى ضوء نظرية ( جينز ) هذه تكون الشمس أم الأرض وأخواتها السيارات جميعاً وجدة الأقمار المختلفة ويعتبر قمرنا ابن الأرض .

ويلاحظ أن بعض السيارات لم يعقب قمرا وأن أكبرها كتلة  
بشرها أقمار .

وتعطينا نظرية المد تفسيراً منطقياً للمميزات الرئيسية في النظام الشمسي  
وكيفية نشوئه . والاعتراض الاسامي عليها هو في كونها تصور لنا  
كنظام امتثال في النظام النجمي ، فالاقتراب الكبير لنجم - ين كالذي  
يصور حدوثه ( جينز ) بين النجم والشمس بهذه الكيفية أمر نادر  
الحدوث جداً ، ولا يقع إلا خلال ملايين الملايين من السنين إلا بافتراض  
أن المسافة المتوسطة بين النجوم كانت فيما مضى أقل بكثير مما هي عليه الآن .

لقد أثبتت الارصاد الفلكية ان النظام النجمي يتوى على عدد كبير  
من النجوم المزدوجة والمضاعفة إلا أن الازدواج في النجوم يختلف عن  
النظام الشمسي . فقد وجد ( بوس ) في عشر مزدوجات ان النسبة بين كتلتى  
المركبتين لا تقل عن نسبة ١:٠,٢٣ ووجد ( كبل ) أن متوسط هذه النسبة  
لتسعة عشر مزدوجاً هي ٠,٧٩ ، أما النسبة بين كتلة المشترى - وهو أكبر  
السارات - وكتلة الشمس فهي كنسبة ١٠,٠٠٠٩٥ إلى ١ ومن اجل هذا  
فقدت السارات بعد انفصالها عن الشمس اشعاعها الذاتى ، اما مركبات  
النجوم المزدوجة والمضاعفة فذاتية الاشعاع .

وعلى أى حال فليس من الممكن الجزم في الوقت الحاضر بوجود أنظمة  
أخرى كنظامنا الشمسي ، ولو أن بعض الفلكيين يعزو عدم انتظام الحركة  
لمركبات بعض المزدوجات إلى وجود أنظمة كوكبية فيها . غير أنه لعدم  
وجود أدلة إيجابية قوية يجب اعتبار النظام الشمسي فريداً في نوعه .

## عمر الأرض

والآن ماذا عسى أن يكون عمر الأرض ؟

إن كثيرا من معالم - سطحها يتغير على مرور الزمن . ولو استطعنا تقدير المعدل الناشئ من عامل معين أمكننا استنباط الزمن الذي انقضى منذ حدوث مقدار معروف من التغير .

فالأنهار كما هو معروف ، تحمل إلى البحار في كل موسم من مواسم فيضاتها مقادير من الأملاح المذابة من سفوح الجبال عند منابعها مع رواسب أخرى . فأما الأملاح فمعظمها من ملح الطعام الذي يزيد على مرور الزمن في ملوحة البحار . وأما الرواسب فترسب في قاعها .

ولقد قدر أن ما تحمله جميع الأنهار من الأملاح يبلغ حوالى خمسة وثلاثين مليون طن في كل عام . وأن ما تحتويه جميع المحيطات في العالم منها يبلغ ١٢٣٦٠ مليون طن . فلو فرضنا أن معدل الزيادة في ملوحة البحار بما تحمله إليها الأنهار ثابت على مرور السنين الطويلة الماضية ، نجد أن عمر الأرض يساوى ٣٦٠ مليون سنة على الأقل ، إذ أن ما يعترى السطح باستمرار من تغير يجعل المعدل السالف الذكر ليس ثابتا في جميع العصور ، ويعتقد علماء الجيولوجيا أن هذا الرقم الذى يمثل معدل ما تحمله الأنهار - حاليا في السنة - من الأملاح المذابة أكبر من المتوسط في أثناء العصور الجيولوجية الطويلة المنصرمة ، وبالتالي يكون عمر الأرض المستنبط بهذه الطريقة لا يمثل سوى الحد الأدنى .

أما الرواسب فقد قدر سمكها الميكلى بحوالى نصف مليون قدم ، ولقد

لوحظ أنه منذ حكم رمسيس الثانى ( منذ ثلاثة آلاف سنة ) زاد سمك راسب النيل فى الوجه البحرى بمعدل قدم فى كل خمسمائة سنة ، وعلى ذلك يمكننا أن نستنبط أن عملية الترسيب بدأت منذ ٢٥٠ مليون سنة وهذا الرقم أيضا يمثل الحد الأدنى لعمر الأرض .

ونقطة الضعف فى التقديرين السابقين الذكر هى عدم ثبوت المعدل فى زيادة ملوحة البحار أو كمية الرواسب ، وعدم معرفتنا لمتوسط هذين المعدلين أثناء العصور الغابرة ولهذا فلا يمكن الاعتماد عليهما .

غير أن هناك ظاهرة أخرى يمكن استغلالها لتحقيق هذا الفرض . فقد اكتشف العلماء أخيرا أن ذرات أثقل العناصر الكيميائية مثل الأرانىوم ( Uranium ) والثوريوم ( Thorium ) والرادىوم ليست فى حالة من الاتزان المطلق ، بل تنفك تدريجيا وتمر فى أثناء تفككها بأطوار متعاقبة ، ويتكون منها فى النهاية المطلق الرصاص ، وتنطلق أثناء ذلك ذرات الهليوم المكهربة بسرعة تبلغ آلاف الأميال فى الثانية .

ولقد وجد أن هذا التفكك فى ذرات هذه العناصر ، يجرى بمعدل ثابت لا يتغير على مرور الزمن الطويل ، فكمية من الرادىوم تنقص تدريجيا فتبلغ نصف مقدارها بعد زمن مقداره ١٥٨٠ سنة . أما الأرانىوم فينقص إلى نصفه بعد ٤٥٠٠ مليون سنة وأما الثوريوم فينقص إلى نصفه بعد ٢٣.٠٠٠ مليون سنة .

واقدرنا أن الناتج من هذه العملية هو الرصاص الذى لا يختلف كيميائيا عن الرصاص العادى . أما من ناحية الوزن فالرصاص الناتج من

تفكك الارانيوم أخف من الرصاص العادى ، والناجى من تفكك الثوريوم  
أثقل منه ، ولهذا يمكن دائماً تمييز الرصاص الناتج من مثل هذه العمالية  
واستخدام هذه الخاصية لتقدير عمر الأرض بطريقة أسلم من الطريقتين  
السالفتى الذكر .

والتقديرات المستنبطة بهذه الطريقة تدل على أن عمر الأرض يبلغ  
ثلاثة آلاف مليون سنة على الأكثر ، نقول على الأكثر لأن من المحتمل  
أن هذه العناصر بدأت فى التفكك قبل مولد الأرض .

ولقد أثبت علماء الجيولوجيا أن أعمار بعض الصخور فى شمال أمريكا  
تبلغ ١٧٠٠ مليون سنة ، ولهذا يمكننا اعتبار الرقمين الأولين حداً أدنى  
والرقم الثانى حداً أعلى لعمر الأرض .

ومنذ مولد الأرض بدأت العرامل الجبارة عملها المتصل ، حتى تهيأت  
الظروف الملائمة لبعث الحياة — بمختلف أنواعها وراثتها — على سطحها

ومع أننا لا نعرف الآن كيف بعثت الحياة على سطح الأرض ، غير  
أننا نستطيع أن نتصور أنه منذ انفصلت هذه الكتلة من الحمم عن الشمس  
بدأت تفقد حرارتها فى الفضاء العظيم المحيط بها ، فتضامات فى الحجم تبعاً  
لذلك حتى تكونت على سطحها قشرة صلبة تحيط بحمم ملتصقة وصار لها  
جو غازى هو الهواء الذى نستنشقه ، حتى صارت درجة الحرارة بما يسمح  
للمياه أن تؤدى دورتها المعروفة من تبخر متصاعد ، فطر متساقط فأنهار  
تجرى ، وأصبح الماء عاملاً رئيسياً فى تآكل الصخور وتفتيتها وإذابتها  
وحملها إلى البحار ، حيث ترسب وتضم بين طياتها بقايا الحيوانات وآثار



الحياة المختلفة التي عاشت وهامت أثناء تكوين الطبقات المختلفة من  
الرواسب . وقد بقيت هياكلهما وآثارها أحقابا طويلة من الزمن لتدل  
على عصور تكوينها .

ولقد وجدت في ( جرينلاند ) صخور تحتوى على بقايا اشجار  
لا تنمو في عصرنا هذا إلا في المناطق الحارة كما أنه وجدت في بعض أجزاء  
المناطق الحارة آثار الثلجات التاريخية مما يدل على تعاقب دورات  
الحرارة الشديدة والبرودة الشديدة على سطح الأرض ، حتى تهيأت الظروف  
الملائمة لأشجار المناطق الحارة أن تنمو في بلاد مثل ( جرينلاند ) . وقد  
ذكرنا فيما سلف أن ذلك يعزى إلى تغير — ولو أنه طفيف جدا — في  
طاقة الإشعاع من الشمس .

هذه التطورات المتلاحقة لسطح الأرض ، وما صاحبها من تغيرات  
يمكننا أن نقيسها بالمقياس الجيولوجى حيث نقسم العصور الجيولوجية  
بوجه الأجمال إلى أربعة أحقاب رئيسية .

الحقب الابتدائى ويسمى الأركى وحقب الحياة القديمة . وحقب الحياة  
المتوسطة ، وحقب الحياة الحديثة ، وتشغل حسب الترتيب . ٥٥ ٪  
و ٣٠ ٪ و ١١ ٪ و ٤ ٪ من مجموع الزمن الجيولوجى .

وقد ذكر الأستاذ سبنسر جوتز في كتابه : —

أن علماء الجيولوجيا اكتشفوا ما يدل على نشوء الحياة البدائية في  
الحيوانات اللاققرية بين طبقات الصخور في العصر الأركى فيرجع تاريخ  
نشوئها إلى ١٣٠٠ مليون سنة مضت . أما أقدم الحفريات المعروفة فيقدر

بمنحو من ٩٠٠ مليون سنة تقريبا . ويلى ذلك نشوء الحيوانات اللا فقريه  
يتبعها عصر الأسماك منذ ٥٠٠ مليون سنة تقريبا ، ثم ظهور النباتات  
الأرضية وتنوع الأسماك والشعب المرجانية منذ ٤٢٠ مليون سنة تقريبا .

ثم عصر تكوين الفحم ونشوء الدناصور والزواحف الطائرة منذ  
١٤٠ مليون سنة تقريبا .

ثم عصر الحيوانات الثديية وهو فجر الحياة الحديثة منذ ٦٠ مليون سنة  
تقريبا ثم ظهور الانسان الشبيه بالقرود منذ ٨ مليون سنة تقريبا .  
وفي النهاية ظهور الانسان منذ مليون سنة تقريبا .

الباب الحادي عشر

## تاريخ الفلك

### الفلك عند قدماء المصريين

تدل آثار المصريين القدماء على أنهم عنوا برصد ودراسة مواقع الأجرام السماوية وحركاتها دراسة جدية منذ فجر التاريخ . ومن آثارهم هذه التي تشهد بمقدرتهم الفائقة في الرصد ، أبرام الجيزة وصور البروج



صورة رمزية للعالم وفيها الاله (نوت) منحنيًا فوق الأرض وبمنهما اله الهواء (شو) ويرى الى اليمين (نوت) مبتكر علم الفلك والحروف وله رأس أبيس الطائر المقدس

التي كان يحلى بها  
سقف دندرة

وتوجد الآن في  
متحف اللوفر . ذلك  
لأنهم كانوا يتخذون

من الشمس والقمر  
وبعض الأجرام  
السماوية آلهة ثانوية

يتقربون بها إلى الله  
خالق كل شيء . وهو  
الواحد القهار .

وكانت الشمس - وقد عرفوا أنها مصدر القوى والسبب الرئيسى فى بقاء الجنس وتعاقب الأجيال من جميع المخلوقات - أهم آلهتهم فصوروها بصور شتة لندة اللالة على مبلغ قوتها ، وأنها منبع الخيرات كلها ، وأنها مصدر الرطوبة التى ينشأ عنها فيضان النهر المقدس فأقاموا لها معابد خاصة أهمها معبد هليوبوليس .

وقد سبقتوا الأمم الأخرى كافة فى صناعة التقويم ، وقدروا بالدقة الفترة الزمنية التى تلزم الشمس لتتم مساراً كاملاً بين النجوم ، وهى التى تعرف الآن بالسنة النجمية . واتخذوها وحدة أساسية فى قياس الزمن وعلى أساسها ابتكروا السنة المدنية التى تؤلف من ١٢ شهراً كل منها ثلاثون يوماً يضاف إليها فى النهاية خمسة أيام تسمى أيام النسيء . وقد استخدموا فى تقدير

السنة النجمية ظاهرة

فلكية تعرف بالشروق

الاحتراقى للنجم اللامع

المسمى بالشعرى اليمانية

هذا بينما كان

معاصروهم من

الرومان واليونانيين

والأشوريين وغيرهم

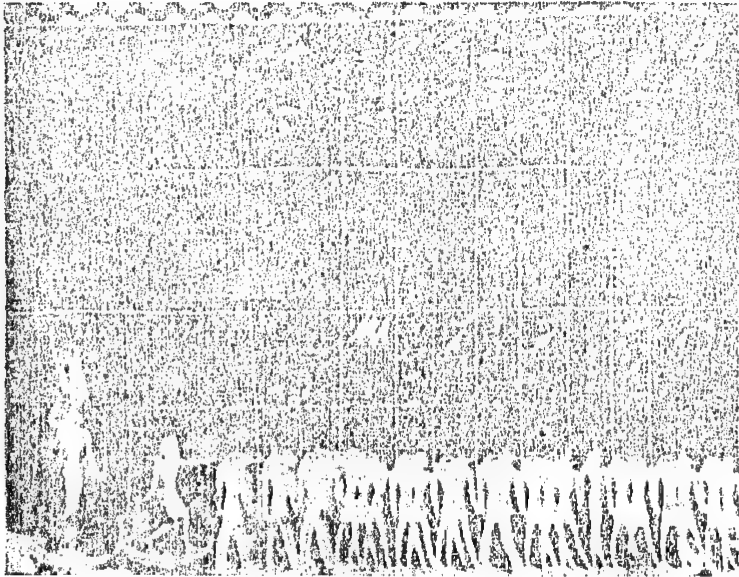
يتخطون فى محاولات

عقيمة وفاشلة لربط

أوائل الشهور المدنية

بأوائل الشهور القمرية .

ويقدر المؤرخون أن



صور النجوم والنسكو كبات منقوشة فى معبد  
سينى الأول ( حوالى ١٣٠٠ ق . م ) فى وادى  
الملك وترى الشعرى اليمانية فى أقصى اليسار

المصريين القدماء قد استخدموا السنة النجمية أساسا لتقويمهم منذ سنة ٥٧٠١ قبل الميلاد.

وليس أدل على ما كان للكهنة المصريين من السمعة الرفيعة بين علماء العالم من ارتحال الكثيرين من كبار علماء وفلاسفة اليونان لتلقي العلوم



الصور البروجية التي كانت منقوشة في معبد دندرة وتري الآن في متحف اللوفر بباريس

في مصر ، وعلى الأخص الرياضيات والفلك ، ومن بين هؤلاء العلماء أورفين وهومير وسولون وفاليس وفيثاغورس وديموقراط وبلاطون وبيدكس وأرسيميدس . وقد قضى فيثاغورس المشهور عشرين عاما بمصر ، وتلقن العلم فيها على أيدي كهنتها . وقد أخذ هؤلاء العلماء جميعا عن المصريين فكرة كروية الأرض وثبوتها في الفضاء وأنها مركز الكون ، وهي الفكرة التي ظلت أساس العلوم حتى منتصف القرن السادس عشر بعد الميلاد ، كما أخذوا عنهم نظرية الكواكب السيارة .

وكان أول من قاس نصف قطر الأرض ارتوستنيس أحد علماء مدرسة الاسكندرية القديمة ، فقد قام برصد اتجاه الشمس عند المنقلب الصيفي في كل من الاسكندرية وأسوان ، وعزى الفرق بينهما الذي يقدر بنحو ١/٨ من محيط دائرة إلى كروية الأرض ، فقام بقياس طول هذا القوس بين المدينتين وقدر طول محيط الأرض بنحو ٢٥٠ ألف ستاديا وعلى أساس تقدير تيرى ( Tonnery ) لهذه الوحدة الطولية نجد أن الخطأ في تقدير ارتوستنيس لا يتجاوز نصف في المائة بالمقارنة بالتقديرات الحديثة التي استخدمت فيها أحدث الأجهزة .

ومن أعلام مدرسة الاسكندرية القديمة أيضا العالم الفلكي بطليموس الذي عاش بها في منتصف القرن الثاني قبل الميلاد ، وهو مؤلف كتاب المجسطي المشهور الذي يؤلف من ١٣ جزءا . والذي كان يعتبر أنجيل العلوم والمعارف حتى القرن الخامس عشر بعد الميلاد . وقد شرح في هذا الكتاب الظواهر الفلكية وحركات الشمس والقمر والسيارات وطول اليوم والنهار وأوقات شروق وغروب النجوم في المناطق المختلفة وأتى فيه بالبراهين العلمية

الصحيحة على كروية الأرض ، وفيه حلول للمشكلات الكرية ودراسة عن طول السنة والشهر القمري وشرح للاسطرلاب ، وبحث عن الاقتراب الظاهري للقمر وتقهقر الاعتدالين وظاهرتي الكسوف والخسوف ونظرية حركة السيارات التي تعد أكبر دليل على علو كعبهم في الرياضيات .

ولقد كبت النهضة العلمية بوجه عام والأرصاد الفلكية بوجه خاص بعد عهد بطليموس المصري طيلة أربعة عشر قرنا نظرا لما كان لتعاليم أرسطو فيلسوف اليونان العظيم من المنزلة التقليدية الرفيعة في جامعات أوروبا ، فقد اعتنق هو وأتباعه نظرية ثبوت الأرض ومركزيتها للسكون ، لأن الأرصاد الفلكية لم تؤيد الأدلة العلمية على دورانها وفي منتصف القرن السادس عشر نشر العالم البولندي كبرنيك كتابه عن حركة السيارات الذي يعتبر بعثا للنهضة العلمية الحديثة . وفي خلال هذه الفترة لم يسجل اكتشاف فلكي عظيم ، ولو أن الرياضيات خطت خطوات هامة ، كما تقدمت وسائل الرصد .

### الفلك عند العرب

وقد أدرك العرب — بعد أن أسست لهم الأهر والسيادة في جره كبير من الامبراطورية الرومانية — أهمية العلوم في بناء امبراطوريتهم فترجموا كتب اليونانيين وغيرهم . فلم تلبث بغداد حتى صارت مركزا عظيما للعلوم والآداب في القرن الثامن الميلادي . وبسط الخليفة المنصور رعايته على رجال العلم ممن وفدوا عليه من الغرب ومن الهند . وسرعان ما أدرك علماء الدولة العباسية أهمية العلوم الفلكية لارتباط الكثير من الظواهر الفلكية بالفرائض الشرعية كتحعين أوقات الصلاة والحج واتجاه القبلة فأمر الخليفة

المنصور بترجمة كتاب المجسطي ، وأقيم مرصد بدمشق وآخر ببغداد عام ٨٢٩ ميلادية في عهد الخليفة المأمون ، واستخدمت فيهما أجهزة للرصد أكبر وأدق صنعاً مما كان يستعمله اليونانيون ولو أنها من نفس الطراز . وابتدع العرب أخذ الأرصاد الفلكية بطريقة منتظمة ومستمرة للأجرام السماوية ، وتعيين مواقع النجوم المعروفة قبل وبعد ظواهر الكسوف ، وبلغ من اهتمامهم بتصحيح الأرصاد الفلكية أنهم كانوا يسجلونها في سجلات رسمية تحفظها الدولة ويقسم الراصدون بصحتها أمام هيئة من الفلكيين والقضاة .

وقد أمر المأمون بإعادة تقدير جرم الأرض الذي جاء في كتاب بطليموس بعمل أرصاد جديدة ، فقيس لهذا الغرض قوس من محيطها مرتين ، ولسكن النتائج جاءت مطابقة لتقديرات بطليموس .

وتبين فلكيو العرب بعض الأخطاء في الجداول الفلكية القديمة فعملوا جداول جديدة على أساس نفس المبادئ الفلكية التي جاءت في كتاب بطليموس .

ويعزى إلى ثابت بن قره اكتشافه مقدار تقعر الاعتدالين . ومن أشهر فلكيي العرب البتان المتوفى عام ٩٢٩ م صاحب الزيج الصابئي ، وابن يونس المصري المتوفى عام ١٠٠٩ م صاحب الزيج الحاملي ، وعبد الرحمن الصوفي المتوفى عام ١٠٠٩ م الذي قام برصد مواقع النجوم ودرجة لمعانها بدقة فائقة .

والأزياج جداول رياضية يبين عليها كل حساب فلكي ، وتشهد



لأصحابها بالتبحر في دراسة حركات الأجرام السماوية وحساب  
الظواهر الفلكية .

وفيما يلي ترجمة لبعض مشاهيرهم عن كتاب أخبار العلماء بأخبار الحكماء .  
البتاني : أحد المشهورين برصد الكواكب والمتقدمين في علم الهندسة  
وهيئة الأفلاك وحساب النجوم وصياغة الأحكام . وله زيج جليل ضمنه  
أرصاء النيرين وأصلاح حركاتها المثبتة في كتاب بطليموس ، ذكر حركات  
الخمسة المحيرة ( السيارات ) . وكانت بعض أرساده التي نوه عنها في كتابه  
عام ٢٦٩ هجرية والبعض الآخر عام ٢٨٧ . ولا يعرف أن أحدا في  
الإسلام بلغ مبلغه في تصحيح إرساء الكواكب وامتحان حركاتها ، ومن  
تواليفه فيها شرح المقالات الأربع لبطليموس ومطالع البروج وأقدار  
الاتصالات وكتاب الزيج نسختان وكان أصله من حران صائبا . جاء إلى  
بغداد مع بني الريات من أهل الرقة في ظلمات كانت لهم فلما رجع مات في  
طريقه بقصر الجص سنة ٣١٧ هـ .

الحسن بن الهيثم — هو أبو علي المهندس البصري نزيل مصر وصاحب  
التصانيف والتأليف في علم الهندسة ، كان عالما متبحرا في هذا العلم . بلغ  
الحاكم صاحب مصر من العلويين خبرة وما هو عليه من الاتقان لهذا الشأن ،  
فتأقت نفسه إلى رؤيته وكان قد نقل إليه عنه قوله لو كنت بمصر لعملت في  
نيلها عملا يحصل به النفع في كل حالاته من زيادة ونقص فقد بلغني أنه  
ينحدر من موضع عال . فسير إليه حاكم مصر مالا وأرغبه في الحضور إلى  
مصر . فسافر إليها وخرج الحاكم لاستقباله وأمر بانزاله وإكرامه فلما  
استراح طالبه بما وعد من أمر النيل ، فسار ومعه جماعة من الصناع ليستعين

بهم على هندسته التي خطرت له . ولما سار إلى الاقليم بطوله وشاهد آثار من  
تقدم من ساكنيه ووجد أنها على غاية من أحكام الصناعة وجودة الهندسة  
وما اشتملت عليه من أشكال سماوية ومثالات هندسية وتصوير معجز  
تحقق أن الذي يقصد ليس يمكن ، فان من تقدمه لم يغرب عنهم علم ما عليه  
ولو أمكن لفعّلوا . فانكسرت همته وعاد إلى القاهرة خجلاً منكزلاً واعتذر  
بما قبل الحاكم ظاهره . ثم تظاهر بالجنون ليتجنب غضب الحاكم عليه فأحيط  
على موجوداته بيد الحاكم ووظف من يقوم بخدمته وقيد وترك بمنزله .  
وبعد وفاة الحاكم أظهر العقل واستوطن قبة على باب الجامع الأزهر وأقام  
بها متنسكاً متقنعاً ثم أعيد إليه ماله واشتغل بالتصنيف ، فكان ينسخ ثلاثة  
كتب في ضمن أشغاله وهي أفليدس والمتوسطات والمجسطى ويستكملها في  
مدة السنة فاذا شرع في نسخها جاء من يعطيه فيها مائة وخمسون ديناراً  
مصرية فيجمعها مؤنته لسنته ، ولم يزل على ذلك حتى مات بالقاهرة في حدود  
سنة ٤٣٠ هـ ومن تصانيفه : تهذيب المجسطى — مصادرات أفليدس —  
الشكوك عليه — مساحة الجسم المتكافئ — الأشكال الهلالية — صورة  
الكسوف — رؤية الكواكب — التنبيه على ما في الرصد من الغلط —  
تربيع الدائرة — أصول المساحة — حركة القمر — المجرة — ماهية المجرة —  
الهالة — وقوس قزح — أصول الكواكب — استخراج خط نصف  
النهار بظل واحد — الشكوك على بطليموس وحلها — اختلاف المناظر  
وضوء القمر .

عبد الرحمن الصوفي : ولد بالراى شرق طهران عام ٢٩١ هـ وعاش

بشيراز وبغداد متمتعاً بسمعة رفيعة وبرعاية الخليفة عهده الدولة الذي كان  
يفخر أن الصوفي عليه الفلك ، ومن تصانيفه كتاب الكواكب الثابتة  
ومصورة وكتاب الأرجوزة في الكواكب الثابتة وكتاب التذكرة  
ومطالع الشعاعات . وقد رصد النجوم بنفسه ووصفها وصفا دقيقا وقدر  
أقمارها من جديد بدقة فائقة حتى أنها تقرب من التقديرات الحديثة التي  
استخدمت فيها أحدث الأجهزة ، وتوفي عام ٣٧٦ هـ

## من اختبارات السنة الأولى

( قسم أجازة القضاء ) بكلية الشريعة

- ( ١ ) اشرح كيف يختلف منظر السماء باختلاف مكان الراصد وزمانه
- ( ٢ ) ارسم شكلا يمثل السماء ووضح عليه موضع القمر اذا كانت زاويته الساعية تساوى ٣ ساعات و ٢٤ دقيقة وميله  $+ ١٣^\circ$   
اذكر اسماء عشره من منازل القمر
- ( ٣ ) ارسم شكلا يمثل السماء ووضح عليه موقع القمر بعد شروقه اذا كانت زاويته الساعية  $= ٩٥^\circ$  وميله الساعى  $= ٦٧^\circ$   
اذكر اسماء خمس كوكبات فى نصف الكرة الشمالى
- ( ٤ ) اشرح نظرية بطليموس عن حركة الكواكب السيارة — لماذا اعترض اربطو على الزعم بدوران الأرض حول الشمس
- ( ٥ ) اكتب مقالا عن النظام الشمسى — اذكر قوانين كبلر
- ( ٦ ) اشرح ظاهرة الفصول الفلكية
- ( ٧ ) اشرح كيف يختلف طول الليل والنهار فى اليوم الواحد باختلاف خط عرض المكان وفى المكان الواحد على مائتين اثناء السنة
- ( ٨ ) اشرح ظاهرة الشفق
- ( ٩ ) اشرح قاعدة بوداتين أماد الكواكب للسيارة أى الاكتشافات الفلكية جاء نتيجة لذلك
- ( ١٠ ) اكتب مقالا عن قانون الجاذبية العام . أى الاكتشافات الفلكية جاء مؤيدا لهذا القانون
- ( ١١ ) برهن أن ارتفاع النجم القطبى فى مكان ما يساوى خط عرض هذا المكان

( ١٢ ) تكلم عن الوقت الشمسى الحقيقى والوقت الشمسى الوسطى  
متى يحين وقت صلاة الظهر فى مدينة كسلا ( خط طول  $24^{\circ} 36'$  ) فى  
يوم ١٧ ماير إذا كانت معادلة الزمن فى ذلك اليوم  $= + 4$  دقائق  
( ١٣ ) تكلم عن الوقت المحلى والوقت المدنى

متى يحين وقت صلاة الظهر فى مدينة دمشق فى يوم أول اكتوبر إذا  
كانت معادلة الزمن فى ذلك اليوم تساوى (  $- 10$  دقائق ) وخط طول  
دمشق يساوى  $36\frac{1}{4}$  شرق جرينتش

( ١٤ ) تكلم عن النسيء عند العرب قبل الاسلام  
كيف تعين السنين السكبيسة فى التقويم الهجرى عند علماء الهيئة  
( ١٥ ) تكلم عن خمسة مما يأتى :

الزاوية السمئية . أقدار النجوم . معادلة الزمن . قاعدة بود . الشهب .  
النجوم المزدوجة . اليوم النجمى . البروج . اليوم الشمسى الوسطى . السنة  
الشمسية . المزدوجات الطيفية . السدائم المجرية . البتاني . بطليموس

### للمؤلف

١ — الأطلس الفلكى لخط عرض القاهرة

( يطلب من من مصلحة المساحة بالجيزة )

٢ — فى اعماق الفضاء

( يطلب من مطبعة الشرق ٢٢٢ شارع الخليج المصرى )

# الباب الثاني عشر

## مرادفات فلكية

+ كوكبة نجوميه — \* نجم

Aberration	زيغ (زيغان)	Altazimuth Telescope	المنظار السمقي الارتفاعي
Absorption, galactic	الامتصاص المجري	Altitude	الارتفاع
Acceleration, Secular	العجلة الحقيقية	Andromeda	+ المرأة المسلسلة
Achernar	* آخر النهر	Annual equation	المعادلة السنوية
Aerolites	نيازك	Annular eclipse	كسوف حلقي
Age (Moon) Earth etc	عمر القمر أو الأرض	Anomalistic year	السنة الفلكية
Albedo of asteroids	عاكسية النجميات	Antapex Solar	الاتجاه المضاد لحركة الشمس
Aldebran	* الدبران	Antaretic Circle	الدائرة القطبية الجنوبية
Algol	ب برشاوش (نجم متغير)	Antares (a Scorpii)	* قلب العقرب
Almucantar	المقنطرة	Antlia	+ الآلة المفرغة
Altair	* النسر الطائر	Apastron	الأوج النجمي

Apex Solar	أتجاه حركة الشمس أو قبلة الشمس
Aphelion :	نقطة الرأس ( لمدار سيار )
Apogee	الأوج ( للشمس أو القمر )
Apparent place of a star	موقع النجم الظاهري
Apse	خط الأوجين ( في مدار سيار )
Apus	+ طائر الجنة
Aquarius	+ الدلو
Aquila	+ العقاب
Ara	+ المجرمة
Arctic Circle	دائرة القطب الشمالي
Arcturus	+ السماك الراح
Argo	+ السفينة
Aries	+ الحمل
Aries first point of	نقطة الاعتدال الربيعي
Asteroids	النجوم
↗ symmetry of Stellar motions	عدم تماثل حركة النجوم
Auriga	+ ممسك الأعنة

Azimuth	الزوايا السمية
Azimuth error	الخطأ السمي
Bellatrix	+ الناجد
Betelgeuse	+ منكب الجوزاء
Binary Stars	النجوم الثنائية
Black body radiation	أشعاع الجسم الأسود
Bolometric magnitude	القدر الأشعاعي
Bootes	+ العواء
Caelum	+ قلم النحات
Calender,	تقويم
Camelopardalis	+ الزرافة
Cancer	+ السرطان
Cancer, Tropic of	مدار السرطان
Canes Venatice	+ كلاب الصيد
Canis Major	+ الكلب الأكبر
Canis Minor	+ الكلب الأصغر
Canopus	+ سهيل

Time Zones	مناطق الوقت	Variation of Latitude	تغير خط العرض
Transit Instrument	المنظار الزواحي	Variable Stars	النجوم المتغيرة
« of mercury	عبور عطارد	Vela	+ القلاع
« « Venus	عبور الزهرة	Velocity from Infinity	السرعة اللانهائية
Triangulum	+ المثلث	Velocity in planetary orbit	السرعة في مدار السيار
Triangulum Australis	+ المثلث الجنوبي	Velocity line of sight	السرعة في اتجاه خط البصر
Trigonometric parallax	الاختلاف الحسابي	Velocity parabolic	السرعة في القطع المكافئ
Triple Stars	النجوم الثلاثية	Venus	الزهرة
Tripod	أرجل — حامل	Vernal equinox	الاعتدالي الربيعي
Tropical year	السنة الشمسية	Vertical Circle	الدائرة الرأسية
Tropics	المدارين	« prime	الرأسية الأولى
Tucana	+ التوكان	Vertices of star streaming	ممتا اتجاهي الحركة النجمية
Twilight	الشفق	Viga	= النسر الواقع
Uranus	أرانوس	Virgo	+ السنبلة
Ursa major	الدب الأكبر	Visual magnitude	الأقدار البصرية
Ursa minor	الدب الأصغر	Volans	+ السمك الطيار
Variability of earth's rotation	التغير في دوران الأرض	Vortices - sun spot	الحركة الدوامة في كلف الشمس



Star multiple	المضاعفة
« designation	تسمية النجوم
« Streaming	أنسياب النجوم
Stationary	ثابت
Stellar energy	الطاقة النجمية
Stereoscope Camera	فوتوغرافية ذات شيتين
Sub-Solar point	نقطة قدم الشمس
Summer line	خط سمير
Sun Shade	حاجب وهج الشمس
Sun Spots	كلف الشمس
Super giants	عملاقة كبرى
Synodic period	الدورة الاقترانية
Taurus	+ الشور
Telescope	منظار
« equatorial	« أستوائي
« reflecting	منظار عاكس
« refracting	« ذو عدسات

« Zenith	« سمي
Telescopium	+ المنظار
Terminator	محدد
Tides	المد والجزر
« neap	أوطى الجزر
« spring	أعلى مد
Time	الوقت — الزمن
« apparent Solar	« الشمس الظاهري
« equation	معادلة الزمن
« local apparent	الوقت المحلي الظاهري
« « mean	« الوسطى
« mean solar	« الشمس الوسطى
« sidereal	« النجمي
« standard or zone	« الرئيسي
« summer	« الصيفي
Time Scale of stellar Evolution	المقياس الزمني للتطور النجمي

setting	غروب	Spectral types	المراتب الطيفية
Sextans	♄ السدس	Spectral binaries	ثنائيات طيفية
Shadow	ظل	Spectroscope	مبين الانزياح — المطياف
Sidereal period	الدورة النجمية	Spectrum	الطيف
« time	الوقت النجمي	Speculum	أسبكيولام
« year	السنة النجمية	Spherical Aberration	الزيغ الكروي
Simple Harmonic motion	الحركة التوافقية البسيطة	Spica	« السماء الأعزل
Sirius	الشعرى اليمانية	Spring tides	أعلى مد
Sky	السماء	Stability of solar system	توازن النظام الشمسي
Smooth Curve	منحنى ملمس	standard Time	الزمن الرئيسي
Solar Constant	الثابت الشمسي	stars, binary	النجوم الثنائية
Solar motion	حركة الشمس	« , double	« المزدوجة
Solar System	النظام الشمسي	« eclipsing binaries	« الثنائية الكسوفية
Solstices	المنقلبان	« spectroscopic binaries	« الثنائية الطيفية
Spectral Changes	التغيرات الطيفية	« Variable	« المتغيرة
Spectroheliograph	مصور طيف الشمس	« clusters	« المجموع النجمية
Spectral band	حزام طيفي	« triple	« الثلاثية

Rate of clock	معدل سير الساعه	Bills on Moon	القنارات على سطح القمر
Reduction of star place	تعيين موقع النجم	Ring System of Saturn	حلقات زحل
Regulus	قلب الأسد	Rising	شروق
Relativity theory of	نظريه النسبيه	Rotation	دوران
Resolving Power	قوة التفصيل — قوة التفريد	Sagitta	+ السهم
Reticulum	+ الشبكة	Sagittarius	+ القوس
Retrograde motion	الحركة التمهقرية	Satellites	أقمار
Reversing layer	طبقة عاكسة	Saturn	زحل
Reversing prism	منشور معكس	Scatt-ring of light	تشتت الضوء
Right Assencion	المطلع المستقيم	Scorpio	+ القرب
Rigel	+ رجل الجبار	Sculptor	+ معمل النحات
Revolution period of (moon)	مدة دورة القمر الفلكيه	Scutum	+ الدرع
(anomalistic)	» » » العقديه	Seasons	الفصول الفلكيه
Revolution period of (moon)	» » » النجميه	Secondary Spectrum	طيف ثانوى
(Droconic)	» » » الاقترانيه	Secular accelaration of Moon	المجلة الحقيقيه للقمر
Revolution period of (moon)	» » » (الشهر القمري)	Selective Absorption	الامتصاص الانتخاى
(Siderial)		Serpent	+ الحيه
Revolution period of (moon)			
(Synodic)			

Phases of Venus	أوجه الزهرة
Phoenix	+ العنقاء
Photo-electric-cell	الخلية الضوئية الكهربائية
Photometer	فوتومتر
Photosphere	الكرة المرئية
Pictor	+ كرسى المصور
Piscis	+ الحوت
Piscis Australis	+ الحوت الجنوبي
Planetismal Theory	النظرية الكوكبية
Planets	السيارات - الكواكب السيارة
Pluto	بلوتو
Polarisation of light	استقطاب الضوء
Poles of Celestial Sphere	قطبا الكرة السماوية
Pole Star-Polaris	النجم القطبي - القطبية
Pollux	* رأس التوأم المؤخر
Position Angle	الزاوية الموضعية
Precession	تقهقر الاعتدالين

Pressure of radiation	ضغط الإشعاع
Prime meridian	خط الطول الرئيسي
Prime Vertical	الرأسية الأولى
Procyon	* النعري الشامية
Profile	المنظر الجانبي
Projected	مستقط
Prominences Solar	ألسنه - أنشاز - شواظ
Proper Motions of stars	الحركة الذاتية للنجوم
Pulsation theory of cepheids	نظرية التنبؤ للقيفاويات
Puppis	+ الكوثل
Pyrheliometer	جهاز قياس الإشعاع الشمسي
Pyxis	+ البوصلة البحرية
Quadrature	التربيع
Radial Velocity	السرعة في اتجاه خط البصر
Radiants-meteors	الشهب المتشعة
Radiation	إشعاع
Radius Vector	نصف القطر الموجه

Neptune	نبتون	Orbit of spect. binary	مدار ثنائى طيفى
Neutral Helium	الهليوم المتعادل	Orion	+ الجبار
Nodes of Moon	عقد القمر	Parabolic velocity	السرعة فى القطع المكافئ
Norma	+ المربع	Parallactic inequality	التباين الاختلافى
North Polar distance	البعد القطبى	Parallax	الاختلاف الظاهرى
Novae	النجوم الجديدة	Pavo	+ الطاوس
Nutation	التمايل - الترنج	Parsec	بارسك
Obliquity of the ecliptic	الميل الأعظم	Pegasus	+ الفرس الأعظم
Occultations	الاستتار	Periastron	الحضيض النجمى
Octanus	+ الثمن	Perigee	نقطة الحضيض (للشمس والقمر)
Ocular	عدسه عينيه	Perihelion	نقطة الذنب (للسيارات)
Opacity	قاتميه	Periodic Comets	المذنبات الدورية
Ophiuchus	+ الخواء	Periodicity of Sun Spots	دورية كلف الشمس
Opposition	الاستقبال	Perseus	+ برشاوش
Orbit of Planet	مدار كوكب سيار	Personal equation	المعادلة الشخصيه
« « double star	مدار نجم مزدوج	Perturbations	اضطراب حركة سيار
		Phases of Moon	أوجه القمر

Maria on Moons surface	البهار على سطح القمر	Mizar	نجم في كوكبه الدب الأكبر
Mars	المرخ	Monoceros	+ وحيد القرن
Mass Function	دالة الكتلة	Month Lunar	النسب القمرى
Mean place of star	الموضع الوسطى لنجم	Motion of Planets	حركة السيارات
Mean Sun	الشمس الوسطى	« in resisting medium	الحركة في وسط مقاوم
Mensa	+ الجبل المائدى	Multiple Stars	النجوم المتضاعفه
Mercury	عطارد	Musca	+ النحلة
Meridian	خط الزوال	Nadir	النظير أو سمت القدم
Meridian Circle	الدائرة الزواليه	Neap tides	أوطى جزر
« Photometer	الفوتومتر الزوالى	Nebulae	السداشم السدم
Meteors	الشهب — النيازك	« Extragalactic	« الخارجه عن المجرة
Metonic Cycle	دورة ميتون	« Spiral	« الحلزونية
Micrometer	الميكرومتر	« galactic	« المجرية
« filar	الميكرومتر الخيطى	« lenticular	« العدسية
Microscopium	+ الميكروسوب	« globular	« الكروية
Milky Way	المجرة — سكة التبانة	« planetary	« الكوكبية
Minor Planets	النجمات أو الكويكبات	Nebulium	نيوليوم

Lacerta	+ الورل	Longitude Celestial	خط الطول السماوي
Latitude Celestial	خط العرض السماوي	Longitude Galactic	خط الطول المجري
Latitude Galactic	خط العرض المجري	Loss of Mass by Radiation	فقدان الكتلة بالإشعاع
Latus Rectum	الوتر البوري العمودي	Luminosity of Stars	زهو النجوم
Law of Universal Gravitation	قانون الجاذبية العام	Lunar Month	الشهر القمري
Leo	+ الأسد	Lupus	+ السبع
Leo Minor	+ الأسد الصغير	Lynx	+ الفهد
Leonid Meteor storms	وابل الشهب الأسديّة	Lyra	+ السايك
Lepus	+ الأرنب	Magellanic Clouds	السحب المجلازيّة
Libra	+ الميزان	Magnetic Storms	العواصف المغناطيسية
Libra first point of	نقطه الاعتدال الخريفي	Magnitudes Absolute	الأكدار المطلّة
Librations of the moon	نودان القمر	« apparent	« الظاهرية
Light - Ratio	نسبه الضوء	« Bolometric	« الإشعاعية (الحرارية)
Light year	السنة الشمسية	« Photographic	« الفوتوغرافية
Line of sight Velocity	السرعة في اتجاه خط البصر	« Visual	« البصرية
Local Cluster	جمع محلي	Main Sequence	التابع الرئيسي
Long Period Variables	المتغيرات الطويلة الدورة	Malus	+ الصاري

Finder	منظار باحث	Helical rising	الشروق الاحتراق
Fitting	تركيب	Heliometer	هليومتر
Flash Spect.	طيف الوميض	Hercules	+ الجاني
Flocculi Solar	الزغب الشمسي	Horizon	الافق
Foculus Solar	شعيلة	Horologium	+ الساعة ذات البندول
Fomalhaut	+ قم الحوت الجنوبي	Hour angle	الزاوية الساعية
Fornax	+ القرن البكمي	Hydra	+ الشجاع
Galactic, Absorption, concentration, Latitude, longitude, Plane, System	الامتصاص المجري. التركيز النجمي في المجرة. العرض المجري. الطول المجري. مستوى المجرة. النظام المجري	Hydrus	+ ثعبان البحر الجنوبي
Galactic Concentration of Stars	التركيز المجري للنجوم	Indus	+ الهندي
Gemini	+ التوأمان	Inequality	تفاوت في حركة القمر
Giants	عمالقه	Interferometer Stellar	مقياس التداخل النجمي
Gnomon	الغومون	Interpolation	استكمال من الداخل
Greenwich primevertical	الرأسية الأولى لجرينتش	Interstellar Matter	المادة في الفضاء النجمي
Grus	+ الكركي	Invariable Plane	تلمستوى الغير ثابت
Harvest Moon	بدر الحصاد	Ionisation in stellar atmosph	أين المادة في أجواء النجوم
		Irregular Variables	المتغيرات الغير منتظمة
		Jupiter	المشتري



Eclipsing binaries	الثنائيات الكسوفية
Ecliptic	الدائرة الكسوفية
Effective Temp.	درجة الحرارة المكافئة
Elongation	استطالة
Ellipticity	أنبعاج أو أهليلجية
Emission	انبعاث
Enhanced lines	الخطوط المقواة
Epicycle	فلك التدوير
Epicycle planetary	فلك التدوير للسيارات
Epoch	عهد
Equation, annual of moon of centre, personal equation of time.	معادلة القمر السنوية، معادلة المركز المعادلة الشخصية، معادلة الزمن
Equinox, autumnal, vernal	الاعتدال الخريفي الاعتدال الربيعي
Equipartition of Energy	التقسيم المتساوي للطاقة
Equuleus	الفرس الأصغر
Eridanus	النهر
Errors Accidental	الأخطاء العارضة

Error-Level	خطأ التسوية
Errors Systematic	الأخطاء النظامية
Evection	تغير الاختلاف المركزي لمدار القمر
Evolution Stellar	التطور النجمي
Expansion of Universe	تمدد الكون
Extrapolation	استكمال من الخارج
Eye-piece	عينية
Eye Binocular piece	منظار مزدوج العينية
Eye Diagonal piece	عينية انحرافية
Eye Monocentric piece	العينية الموحدة المركز
Eye-piece Orthoscopic	عينية أرتوسكوبية *
Eye-piece Ramsden	عينية رامزدين
Faculae Solar	شمعية شمسية
Filar Micrometer	الميكرومتر الخيطي

\* وبواسطتها يمكن رؤية الأشياء بحالتها الأصلية أي أن الصورة تكون خالية من آثار الانعكاس والالتواء وتأثير اللون

Cosmogony theories	النظريات الكونية	Denebola	الصفرة
Counterpoise rod	قضيب الأتزان	Delphinus	الدلفين
Counterpoise weight	ثقل الأتزان	Diaphram	حاجز
Crater	+ الباطية	Diffuse	منتشر - مشتت
Craters, lunar	الفوهات القمرية	Dip of horizon	أنخفاض الأفق
Cross proper motions	الحركة الذاتية العرضية	Displacement of Spect. line	زحزحة الخطوط الطيفية
Cross radial Vel.	السرعة القطرية العرضية	Dorado	+ السمك المذهب
Crux	+ الصليب الجنوبي	Double Stars	النجوم المزدوجة
Culmination, lower	العبور السفلى	Draco	+ التنين
« upper	العبور العلوى	Dwarf stars	النجوم الأقزام
Cusps of moon	طرفا الهلال	Dubhe	نجم من الدب الأكبر
Cygnus	+ الدجاجة	Earth's Shine	ضوء الأرض
Day, apparent Solar, Astron-	اليوم الشمسي الظاهري . الفلسفي	« way	أشياء الأرض
omical, civil, Siderial	المدني . النجمي	Easter Day	عيد الفصح
Dead reckoning position	الموضع بالتقدير الجسائي	Eccentricity	الاختلاف المركزي
Deferent	فلك التدوير الأول	Eclipse, solar	كسوف الشمس
Deneb	« الردف	« lunar	خسوف القمر
		« limits	حدود الكسوف أو الخسوف

Capella	هـ العيوق	Circumpolar Stars	النجوم المحيطة بالقطب
Capricorn Tropic of	مدار الجدى	Cluster open , moving	جمع مفتوح متحرك
Capricornus	+ الجدى	Collimation Axis	محور التطبيق
Carina	+ القرينة	Collimation error	خطأ التطابق المحورى
Cassiopeia	+ ذات الكرسي	Collimator	مطابق المحور
Castor	هـ رأس التوأم المقدم	Colour Index	دليل اللون
Celestial equator	دائرة المعدل	Columba	+ الحمامة
Celestial sphere	الكرة السماوية	Colure , equinoxial	الدائرة الساعية الاعتدالية
Centaurus	+ قنطورس	Coma Berenices	+ شعر برنيقة
Cepheid Variables	المتغيرات القيفاوية	Comets ,	المذنبات
Cepheus	+ قيفاوس	Conjunction, inferior, superior	الاقتران الداخلى والخارجى
Cetus	+ قيطر	Constellations	كوكبات
Chamaeleon	+ الحرباء	Corona Australis	+ الأكليل الجنوبى
Chromatic Aberration	الزيف اللوى	Corona Borealis	+ الأكليل الشمالى
Chromosphere , Solar	الكرة اللونية للشمس	Corona, Solar	أكليل الشمس
Chronograph	مسجل الزمن	Correlation	ارتباط
Circenus	+ البركار	Corvus	+ الغراب

Volpecula

White Dwarfs

Year

« Anomalistic

« Civil

« Siderial

« tropical

+ الثعلب

أقزام بيضاء

السنة

الفلكية »

المدنية »

النجمية »

الشمسية »

Zenith

« distance

« telescope

Zodiac

Zodiac signs

Zodiacal light

Zone time

نجمت الرأس

البعد السمتي

المنظار السموي

دائرة البروج

البروج

النوء البروج

وقت المنطقة

# محتويات الكتاب

صحيحة

الباب

٩	اختلاف منظر السماء باختلاف زمان الراصد ومكانه	الاول
	الكرة السماوية - الاتجاهات والمستويات الرئيسية -	
	تعيين موقع جرم سماوي - الأجرام السماوية .	
٢٨	النظام الشمسي : الكواكب السيارة - فرض بطليموس -	الثاني
	نظريه كبرنيق - قوانين كبلر - قانون الجاذبية العام	
٥٩	الشمس - الأرض - القمر	الثالث
	حركة الشمس الظاهرية - تقهقر الاعتدالين - اختلاف	الرابع
	طول الليل والنهار - الفصول الفلكية - كسوف الشمس	
	وخسوف القمر - المد والجزر - الشفق .	
١١٢	مقاييس الزمن الفلكية . اليوم الشمسي الحقيقي الخ .	الخامس
	النجوم : الكواكب النجمية . أقدار النجوم . بعدها .	السادس
	حركاتها الذاتية . النجوم المزدوجة والثلاثية والمركبة .	
	النجوم المتغيرة والجديدة . النظام المجري . المجموع	
	النجومية .	
١٧١	السدائم المشتتة والمعتمة والكوكبية . السدائم اللابجيرية	السابع
١٨	المطار والمطياف	الثامن
٢٠١	انكسار الأشعة الضوئية وزيف الضوء	التاسع
٢٠٧	نظريات كونية : تطور السدائم . النجوم المزدوجة .	العاشر
	النجوم العملاقة والاقزام . الأشعاع النجمي . مولد	
	الأرض وأخواتها السبارات . عمر الأرض	
٢٢٢	الفلك عند المصريين القدماء وعند العرب	الحادي عشر
	مرادفات فلكية	الثاني عشر